

Metalworkers and their Tools

Symbolism, Function, and Technology
in the Bronze and Iron Ages



Edited by
Linda Boutoille and Rebecca Peake

UNION INTERNATIONALE DES SCIENCES
PRÉHISTORIQUES ET PROTOHISTORIQUES



Metalworkers and their Tools

Symbolism, Function, and Technology in the Bronze and Iron Ages

edited by
Linda Boutoille and Rebecca Peake

ARCHAEOPRESS ARCHAEOLOGY



ARCHAEOPRESS PUBLISHING LTD
Summertown Pavilion
18-24 Middle Way
Summertown
Oxford OX2 7LG

www.archaeopress.com

ISBN 978-1-80327-624-3

ISBN 978-1-80327-625-0 (e-Pdf)

© The authors and Archaeopress 2023

Cover: Gold vessel from Gönnebek, Germany. Sheet vessel from the early Nordic Bronze Age
(© B. Armbruster/Archäologisches Landesmuseum Schleswig);
X-ray radiography illustrating hammering marks on gold vessel from Gönnebek, Germany.
(© R. Aniol, Archäologisches Landesmuseum, Schleswig)



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

This book is available direct from Archaeopress or from our website www.archaeopress.com

Contents

Le métallurgiste et ses outils : symboliques, fonctions, et techniques durant l'âge du Bronze et l'âge du Fer	ii
Fine metalworking tools and workshops in Western and Northern Europe. A diachronic consideration	1
Barbara Armbruster	
A Macroscopic and 3D Morphometric Study of Prehistoric Mining Tools from the Lower Segura Valley, Southeast Spain.....	36
Scott Ingram and Dirk Brandherm	
Minimum Tools Required: A system for organising the metalsmith's workshop	52
E. Giovanna Fregni	
Hammers of the Gods: the role of metalworking tools in the Interpretation of hoards in Late Bronze Age Britain	63
E. Giovanna Fregni	
The concept and meaning of tools: functional aspects and social implications.....	71
Bianka Nessel	
Le discret atelier de bronzier du XII^e siècle avant notre ère de la « Rue du Bouquet » à Montélimar (Drôme) : protocole de fouille et premiers résultats	84
Sylvie Cousseran-Néré, Eric Néré, Marilou Nordez avec la collaboration de Linda Bouteille	
Experimental Casting Pit for Bronze Items. A Preliminary Study	102
Alessandro Armigliato	
Des outils lithiques liés à la déformation plastique des métaux sur le site de Cuciurpula (Corse, Bronze final/premier âge du Fer) ?.....	112
Linda Bouteille et Kewin Peche-Quilichini	
La forge hallstattienne de Weyersheim (Bas-Rhin, France) - Hallstatt D3/La Tène ancienne	123
Michler Matthieu, Jodry Florent, Badey Sylvain, Clerc Patrick, Avec la collaboration de Béranger Marion, Cabboï Luisella, Van ES Marieke	
Embossed Ornaments on Gold Objects of the Early Iron Age in South-West Germany – Tools and Experimental Work	143
Birgit Schorer	
Artisans du métal et pratiques rituelles non funéraires à l'époque laténienne : le cas de la Gaule du V^e av. J.-C. à la conquête romaine	154
Thibault Le Cozanet, Gérard Bataille	
Tracing Multimetal Craftsmanship through Metallurgical debris – Open-air workshops and multimetallity in Late Iron Age Scandinavia.....	168
Andreas Svensson	

Préface

Le métallurgiste et ses outils : symboliques, fonctions, et techniques durant l'âge du Bronze et l'âge du Fer

La présence d'outils de métallurgistes dans les sépultures, les dépôts et les sanctuaires depuis le Campaniforme et jusqu'à l'âge du Fer nous invite à nous interroger sur le lien qui unit l'artisan à ses outils, mais aussi sur la place des artisans dans la société. Dans ces contextes particuliers, l'outil n'est pas uniquement le témoin de compétences techniques, il possède également une valeur symbolique puisqu'il devient l'un des principaux acteurs de certains rituels. Pour le second âge du Fer par exemple, ces rites liés à l'artisanat sont à mettre en perspective avec les profonds bouleversements de la société en relation avec l'émergence des oppida. Mais l'outil est aussi un objet technique répondant à un besoin ; il ne doit pas être dissocié de sa fonction et donc des techniques pour lesquelles il est employé.

La conférence « Metools », organisée à Belfast en juin 2016, marque l'aboutissement du projet HardRock « Between a Rock and a Hard Place: context, function and choice of early metalworking tools on Europe's Atlantic façade » (Marie Skłodowska Curie, n°623392). Dans ce cadre, la Commission « Âge des Métaux en Europe » de l'Union Internationale des Sciences Pré- et Protohistoriques a souhaité porter son attention sur l'outillage du métallurgiste qu'il soit en métal, pierre, terre cuite ou matière organique afin d'en comprendre son évolution, depuis l'apparition de la métallurgie jusqu'à l'âge du Fer et sa place dans les préoccupations techniques et sociales des populations.

Ce volume regroupe différentes communications présentées lors du colloque « Metools » devant une soixantaine de chercheurs européens ; ces 12 articles résultent de la contribution de 22 auteurs. Les articles, rédigés en anglais et en français, présentent des données nouvelles provenant des îles britanniques, de France, d'Allemagne, d'Espagne, d'Italie et de Corse. Ils couvrent un large éventail de sujets au cœur des recherches actuelles sur la métallurgie aux âges du Bronze et du Fer. Deux projets qui se focalisent sur l'archéologie expérimentale et des méthodes de prospection utilisées pour détecter des ateliers de métallurgie de plein air sont présentés ici. Ils soulignent la difficulté d'identifier des témoins de la métallurgie dans le registre archéologique et proposent des hypothèses. Le travail de l'or fait l'objet de deux articles qui dresse un bilan complet des outils et des techniques de cet artisanat hautement spécialisé. D'autres travaux mettent en lumière les outils du métallurgiste retrouvés dans des contextes domestiques, avec des analyses détaillées de leur utilisation à des étapes spécifiques du travail du métal. Un accent est mis sur les rares outils retrouvés dans les dépôts et sur leur importance dans ces contextes si particuliers.

Grâce à cette rencontre, nous avons souhaité apprécier au mieux la place des métallurgistes et son évolution au cours de cette période de « l'âge des métaux ».

Remerciements

Le colloque « Metools » et ce volume n'auraient jamais pu voir le jour sans l'aide précieuse et la patience de nombreuses personnes et institutions. Qu'ils en soient ici chaleureusement remerciés.

Dirk Brandherm, Mark Gardiner, David Bell, John McNeilly, Gill Allmond, Joshua Dandy, Adrianna Zajac, Deborah Schroeter, Mario Fusco, Ethan Mitchell, Claude Mordant, Davide Delfino, et Lucas Tori ainsi que tous les communicants et auteurs qui ont participé au colloque et à la publication

Queen's University (Mark Gardiner, Eileen Murphy et Audrey Horning), Prehistoric Society (Alison Sheridan et Alex Gibson), APRAB (Claude Mordant, et Sylvie Boulud-Gazo), Ulster Archaeological Society (Ruairí Ó Baoill), Archaeopress, ¹⁴Chrono (Paula Reimer)

Linda Boutoille, Queen's University Belfast, UK et Rebecca Peake, Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap), FR

The metalworkers and their tools : symbolism, function, and technology in the Bronze and Iron Ages

The presence of metalworking tools in burials, hoards, and sanctuaries, from the Bell Beaker period until the Iron Age, invites the question of what link there was between the artisan and his tools, but also between the artisan and society. In these specific find contexts, tools not only provide technical evidence but also acquire a specific symbolic value, as they form part of certain rituals. For example, in the Late Iron Age of Continental Europe, these ritual aspects of artisanship relate to the profound upheavals in society that lead to the emergence of oppida. But tools are also technological items that answer to a specific need, and therefore should not be separated from their function and from the technical purpose for which they are employed.

The “Metools” conference which was organised in Belfast in June 2016 as part of the HardRock project “Between a Rock and a Hard Place: context, function, and choice of early metalworking tools on Europe’s Atlantic façade” (Marie Skłodowska Curie, No. 623392) and the “Metal Ages in Europe” commission of the International Union of Pre- and Protohistoric Sciences (UISPP). Its aim was to shine a spotlight on the tools of the metalworker, whether in metal, stone, terracotta or organic materials, to follow their evolution from the appearance of metallurgy at the beginning of the Bronze Age to the Iron Age, as well as the place held by metalworking and its artisans in the economic and social landscape of the period.

This volume brings together the various communications that were presented at the “Metools” international symposium to some sixty European researchers. It contains 12 papers by 22 authors. The papers, written in English and French, present new data from the British Isles, France, Germany, Spain, Italy and Corsica and cover a wide range of topics that make up some of the latest research on metalworking during the Bronze and Iron ages. Two projects involving experimental archaeology and various prospection methods used to detect open air metallurgy workshops are presented here. They underline the difficulty of identifying metalworking features in the archaeological record and give insight into why this is the case. Gold metalworking is the subject of two papers that give a comprehensive overview of the tools and the techniques required for this intricate and highly specialised artisanship. Other works shed light on the metalworking tools themselves found in domestic contexts, with detailed analyses of their use during specific stages of the metalworking process. Special emphasis is given to the rare tools found in hoards and their significance in these ritual contexts.

This conference intended to provide a forum for developing a better understanding of the role metalworking and metalworkers played in society, and of the evolution of that role during the period conventionally referred to as the Metal Ages.

Acknowledgments

The “Metools” symposium and this volume would never have been possible without the precious help and patience of many people and institutions. They are warmly thanked here.

Dirk Brandherm, Mark Gardiner, David Bell, John McNeilly, Gill Allmond, Joshua Dandy, Adrianna Zajac, Deborah Schroeter, Mario Fusco, Ethan Mitchell, Claude Mordant, Davide Delfino, and Lucas Tori as well as all the speakers and authors who participated in the conference and the publication.

Queen's University (Mark Gardiner, Eileen Murphy, and Audrey Horning), Prehistoric Society (Alison Sheridan and Alex Gibson), APRAB (Claude Mordant, and Sylvie Boulud-Gazo), Ulster Archaeological Society (Ruairí Ó Baoill), Archaeopress, ¹⁴Chrono (Paula Reimer)

Linda Boutoille, Queen's University Belfast, UK, and Rebecca Peake, French National Institute for Preventive Archaeological Research (INRAP), FR

Fine metalworking tools and workshops in Western and Northern Europe. A diachronic consideration

Barbara Armbruster¹

Abstract

This paper deals with late prehistoric fine metalworking tools and workshops in Western and Northern Europe. From the beginning of metallurgy in the third Millennium BC up to the end of the Iron Age in the first centuries BC, tools and manufacturing techniques for gold and silver develop with ongoing technological improvement. An interdisciplinary approach to fine metalworking tools combining archaeology, ethnoarchaeology, experimental archaeology, iconography, and ancient written sources with archaeometry is demonstrated. Case studies illustrate specialised tools and their handling as well as the raw materials they are made of.

Keywords

FINE METAL WORKING; TOOLS; WORKSHOPS; BRONZE AGE; IRON AGE; HISTORY OF TECHNOLOGY

Résumé

Cet article traite des outils et des ateliers spécialisés dans le travail des métaux précieux de l'âge des métaux en Europe de l'Ouest et du Nord. Depuis le début de la métallurgie, au troisième millénaire avant notre ère, jusqu'à la fin de l'âge du fer, aux premiers siècles avant notre ère, les outils et les techniques de fabrication de l'or et de l'argent se développent avec une amélioration technologique continue. Une approche interdisciplinaire des outils de travail des métaux fins combinant l'archéologie, l'ethnoarchéologie, l'archéologie expérimentale, l'iconographie et les sources écrites anciennes avec l'archéométrie est démontrée. Des études de cas illustrent des outils spécialisés et leur maniement ainsi que les matières premières qui les composent.

Mots clés

TRAVAIL DES MÉTAUX PRÉCIEUX ; OUTILS ; ATELIERS ; ÂGE DU BRONZE, ÂGE DU FER, HISTOIRE DES TECHNIQUES

The focus of this paper is the ancient fine metal working technology, in particular the tools and workshops in Western and Northern Europe, dating from the Copper and Early Bronze Ages in the third Millennium BC to the end of the Iron Age in the first centuries BC. What did ancient metal workshops and specialised tools look like and which materials were used? How can archaeologists' approach ancient metalworking tools, workshops, and craftspeople? An interdisciplinary methodology to approach fine metal working tools presented here links archaeology, ethnoarchaeology, experimental archaeology, iconographic and ancient written sources with chemical analyses and imaging from material science.

The development of the goldsmith's craft and equipment is not straightforward, neither in geographic nor chronological terms. During the Metal Ages, the function, form, and decoration of goldwork changed, as do the materials used to produce ornaments, tableware, votives and decorative objects (Eluère 1990; Perea, Armbruster 2008; Armbruster 2013). This is directly linked to the development of the techniques, the tools and their handling. The technology of precious metals is complex and includes many specialized *modus operandi*, instruments, chemical agents, and materials (Maryon 1912; Untracht 1982). Furthermore, it requires a long training, to develop both technical and artistic skills.

¹ UMR 5608 du CNRS - TRACES. Maison de la Recherche - Université de Toulouse Jean Jaurès. 5, allées Antonio-Machado. F - 31058 Toulouse Cedex. barbara.armbruster@univ-tlse2.fr.

The European goldsmith's art, as well as the workshops and tools accompanying it, encompass a long development through the millennia (Armbruster 2012a; 2012c). Accordingly, the present study provides a broad overview of the archaeological and technological background of late prehistoric fine metalworking workshops. We will begin by discussing the different research methods applied in the study of the technological aspects of metal artefacts and metal working tools. Several case studies from Western, Central and Northern Europe outline the complexity of tools used in the processing of precious metals as part of the history of technology. They exemplify specialised tools, the raw materials they are made of, as well as the tool's usage and handling. They also illustrate that tool mark analyses with microscopic examination reveal much about the instruments that did not survive in the archaeological record. Our diachronic perspective allows the tracing of traditions and advances in early metallurgist's workshops.

Therefore, special attention is given to workshop equipment. However, since architectural remains of workshops are generally lacking and few complete tool kits have survived from the Bronze and Iron Ages, an attempt is made to sketch a picture of ancient workshops via tool finds as well as from indirect information from tool marks left on gold artefacts. Functional analogies and finding contexts are also discussed using case studies.

Short note on the history of research

The beginning of detailed studies of late prehistoric tools applied in European early metalworking dates to the late 19th century. One of the first to observe casting moulds, hammers, and anvils, made of stone and of bronze was J. Evans. He considered these specialized tools in two fundamental works on ancient instruments of Great Britain and Ireland, one volume dedicated to stone (Evans 1872) and the other to bronze instruments (Evans 1881). To give an example from the latter he illustrates the Bronze Age anvil from Fresné-la-Mère, Calvados, France, fixed in a wooden stump in two different working positions, to underline its technical multi-functionality (Evans 1881: 182). Other examples of early publications on Bronze Age metal working tools made of bronze are of artefacts found at the Bronze Age settlement of Velem-Szentvid in Hungary (Miske 1899), on lake dwellings in Switzerland (Gross 1883: fig. 27), or tool finds from Bohemia (Richly 1896). In the first half of the 20th century, German and Swedish scholars investigated ancient metal worker's tools (Ohlaver 1939; Oldeberg 1942–43). From the second half of the twentieth century onwards studies of ancient metal worker's tools become more frequent (Armbruster 2000: 34–127; 2021: 29–94).

Gold technology as an active element of material culture

Studies of ancient metalwork deal with manifold questions of the production of material culture, such as the "*chaîne opératoire*" from the procurement of the raw material to the finished product, as well as recycling, repair, or intentional damage to metal objects. In general, physical properties and technological aspects of archaeological artefacts are key factors in understanding the production context, since hardly any object can really be understood if the manufacturing process remains unknown (Armbruster 2011b). Therefore, metal technology can be seen as an active element of material culture and subsequently a mirror of social conditions (Inker 2000: 26; Armbruster 2012b). In archaeological research, technology has been for a long time regarded merely as the bearer of typological information and thus seen as implicitly passive. In this context, technology was a purely functional assessment, typological studies and theoretical considerations were thought superior to technological studies.

Technology was predominantly considered as part of the natural sciences and therefore left to archaeometry, while archaeology was assigned to humanities. In the archaeology of the Metal ages, technology was usually viewed from a purely positivistic perspective, a concept that strongly contrasts with the cognitive technological studies in research on the Neolithic. In a sense, a divide has been drawn between artefact and art, technology, and implicitly of the craft and between artist

and craftsman. However, this dichotomy established in our society since the industrial revolution was unknown during the Bronze and Iron Ages. The term technology (Greek “τεχνολογία” - *technología*) refers to the systematic treatment of art, technology and science within its social context (Knauss 2004: 33). The concept of technique (Greek “τέχνη” - *technē*) stands for a specific knowledge and a particular ability both in the field of art and craftsmanship. “Τεχνίτες” is the Greek term that equally names artists and craftsmen without distinction.

The technical knowledge and the resulting artefacts constitute the material prerequisites of a culture. It is the object produced according to the technical and stylistic knowledge that is the visible and archaeologically comprehensible expression of this culture (Armbruster 2011a). This principle also applies to the products of gold working. The production of material culture would be a mirror of society according to which artefacts are designed and produced (Appadurai 1986; Pfaffenberger 1992). Each product appears in a twofold way: it is technologically determined and thus part of the technical system that has produced it (Nobelet 1981: 10-20). The artefact is also clearly associated with the cultural and ideological milieu from which it emerges and in which it is incorporated. Its integration into the appropriate social setting depends on whether its function, form, and style display recognizable information carriers.

Approaches to fine metalworking and tools

Recent archaeological studies of ancient gold working are interdisciplinary and link several research areas (Armbruster, Guerra 2003; Perea, Armbruster 2008). In addition to the artistic and stylistic characteristics as well as the practical function of gold artefacts, the symbolic and religious meanings as well as the economic and social values are considered. Issues of exchange, trade, and the circumstances of the final deposition of the end product also play a role. An understanding of the technical processes involved in their production plays an essential part in assessing gold work. In order to answer technology-related questions, research methods and information from various disciplines interact: archaeology and art history, ancient depictions and historic written sources, ethnology, experimental archaeology, macro- and microscopy, material analyses, metallography, radiography, history of technology and craft-expert knowledge about gold working. Typology, function, and discovery context of metal artefacts are explored with methods from archaeology and art history to determine dating and cultural historical classification (Armbruster 2011a). The optical studies on precious metal objects and tools, as well as the scientific material analyses, are carried out directly on the original artefacts. Also, methods from different scientific fields that are not based on the direct study of the original object assist likewise to draw conclusions and contribute decisively to the gain of knowledge through functional analogy and explanatory models.

Various methods of archaeometallurgy are of relevance for the investigation of the technical production processes and tools. When examining the artefact under the microscope, attention is focused on tool marks and processing characteristics which can be observed directly on the piece (Benner Larsen 1987). Each tool leaves unmistakable traces on the metal surface like a fingerprint. These tool marks can be identified with optical instruments of macro- and microscopy and documented with macro- and microphotography or imaging from the scanning electron microscope (SEM) (Meeks 1987; Mortimer, Stoney 1997; Meek *et al.* 2012). Tool mark analysis can therefore indirectly access information on the tools used. Tool marks can be eliminated by scraping, grinding, or polishing, but under special circumstances, X-ray images show hidden traces of hammering as a cloudy structure in sheet objects (Figure 1a-b) or connecting elements and the internal structure of hollow or assembled pieces (Figure 1c) (Oddy 1996).

Material analyses are used to determine the exact composition of the metal alloy (Guerra, Calligaro 2004; Schlosser *et al.* 2009). When studying gold, the alloy components of the base metal on the one hand, on the other hand, the solder alloy used to join several gold elements are of interest. For example, when studying technological aspects of Late Bronze Age composite rings from France and



Fig. 1a-b Tool marks from hammering on the gold vessel from Gönnebek, Germany. a) Sheet vessel from the early Nordic Bronze Age (© B. Armbruster/Archäologisches Landesmuseum Schleswig); b) X-ray radiography illustrating the hammering marks (© R. Aniol, Archäologisches Landesmuseum, Schleswig)

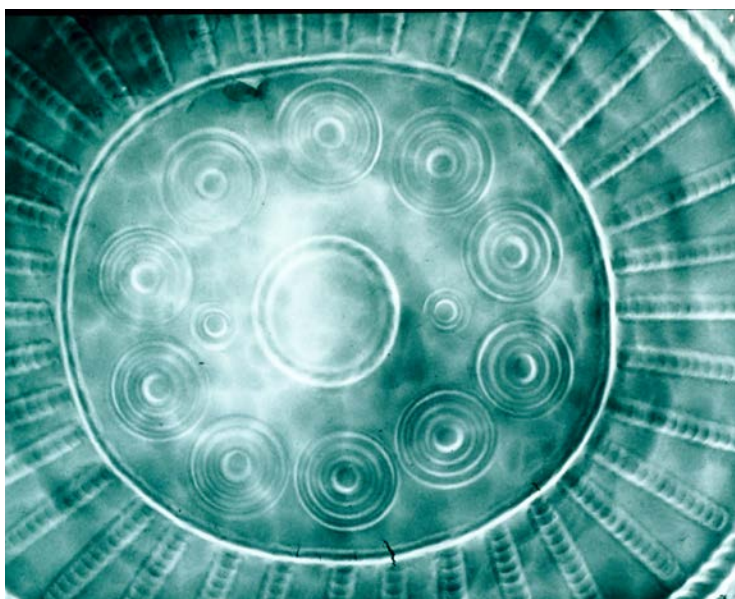


Fig. 1c X-ray radiography with hammering marks and thicknesses of various parts of an Iron Age gold torc from North-West Iberia (© S. La Niece, British Museum, London)

Great Britain, material analyses have shown that gold wires were not joined by copper salt solder as previously claimed. A metallic solder of a ternary gold alloy containing a higher percentage of silver and copper was used with the advantage of having a lower melting point than the base metal (Armbruster *et al.* 2010; Cowie *et al.* 2011).

In ancient and early medieval literary sources, fine metal working is rarely described in detail. The comprehensive treatise “*diversarum artium schedula*” by the Benedictine monk Theophilus constitutes one of the first detailed descriptions of preindustrial metalworking (Hawthorne, Smith 1963; Brepohl 1987). This work, probably written in Cologne in the first half of the twelfth century, offers an insight into technical knowledge, the workshop equipment, tools, auxiliary means, and the materials used by ancient goldsmiths. Works of Italian artists and goldsmiths such as Vannoccio Biringuccio (Biringuccio 1977) and Benvenuto Cellini (16th century) provide further information (Fröhlich, Fröhlich 1974). They cannot be used directly as sources of information for Bronze and Iron Age metalwork but serve as analogies for interpretative models.

The subject of the artisan and his tools is also rarely touched on in fine arts. As a result, iconographic evidence of early gold working and more generally of metalworking in Europe is rare. For the Bronze Age, depictions of fine metal working of the 3rd and 2nd millennium BC from low reliefs and wall paintings in Egyptian tombs provide ample information about workshop organisation, tools, their handling, and the applied techniques (Figure 2a-b; Figure 22) (Garenne-Marot 1985; Scheel 1989). In addition, conclusions can be drawn by analogy. For example, Roman and Medieval representations such as the wall painting from the “Casa dei Vetii” in 1st century Pompeii (Figure 23) (Ogden 1982: 66 fig. 4:58) or noteworthy depictions of craftsmen practicing their profession in the *Handbuch der Mendelschen Zwölfbrüderstiftung zu Nürnberg* from the 15th and 16th centuries allow insights into ancient metal working crafts, tools, and workshops (Figure 3) (Treue *et al.* 1965).

Ethnoarchaeology and experimental archaeology play a very important role in reconstructing old methods of production. They serve as comparative bases for explanatory models that are drawn from functional analogies. Most techniques used by metal workers during the Metal ages are still used by today’s goldsmiths. Ethnological investigations can be helpful in scrutinizing late prehistoric metal techniques, and they provide valuable information on traditional tools and their handling. To give an example, ethnographic fieldwork in Mali was decisive for a better understanding of Bronze Age flange and bar twisted gold torcs made by plastic shaping techniques (Armbruster 1995). Iron Age gold working techniques such as wire preparation, filigree and granulation, or sheet making as carried out in Algeria are another example of functional analogy (Camps-Fabrer 1990).

Experiments check the feasibility of hypothetically accepted methods of metal working (Armbruster 2005). The research issues in experimental archaeology require a well-thought-out preparation and detailed documentation. The experimental issues should be taken directly in relation to the archaeological artefacts and the technical preconditions of the period they belong to. Numerous experimental investigations are based on information from ancient sources, such as the above-mentioned work of Theophilus. Experiments on fine metalworking technology of the Bronze and Iron Ages are still rare in comparison with antique and medieval gold working, or moreover compared to experimental archaeology concerned with ancient bronze working. Some experimental work has been carried out on the techniques of filigree and granulation typical in the Iron Age and antique gold jewellery (Nestler, Formigli 1993; Binggeli 2003). Experimental work on the Bronze Age lathe and the Early Iron Age spinning lathe demonstrate the employment of rotary motion tools in the manufacturing of annular gold ornaments (Armbruster 2000: 146–151 fig. 81; 2018). Recently, the making of the enigmatic Late Bronze Age to Iron Age ribbon torcs from Ireland and Great Britain has also been elucidated by experiments (Clarke 2014).



Figure 2a-b. Scenes of an Egyptian goldsmith's workshop on wall paintings in the tomb of Rekmire near Thebes, Bronze Age, c. 1450 BC, showing tools and their handling: furnace, blowpipe, tweezers, snarling iron, stone anvils and round and flat hammers, bronze punch. Techniques: a) up: a sitting artisan uses of a blow pipe and tweezers on a hearth for annealing or soldering; below: two standing artisans are hammering a metal vessel with stone hammers and a snarling iron; b) up: polishing, hammering a metal vessel; below: chasing, hammering sheet metal (© B. Armbruster)

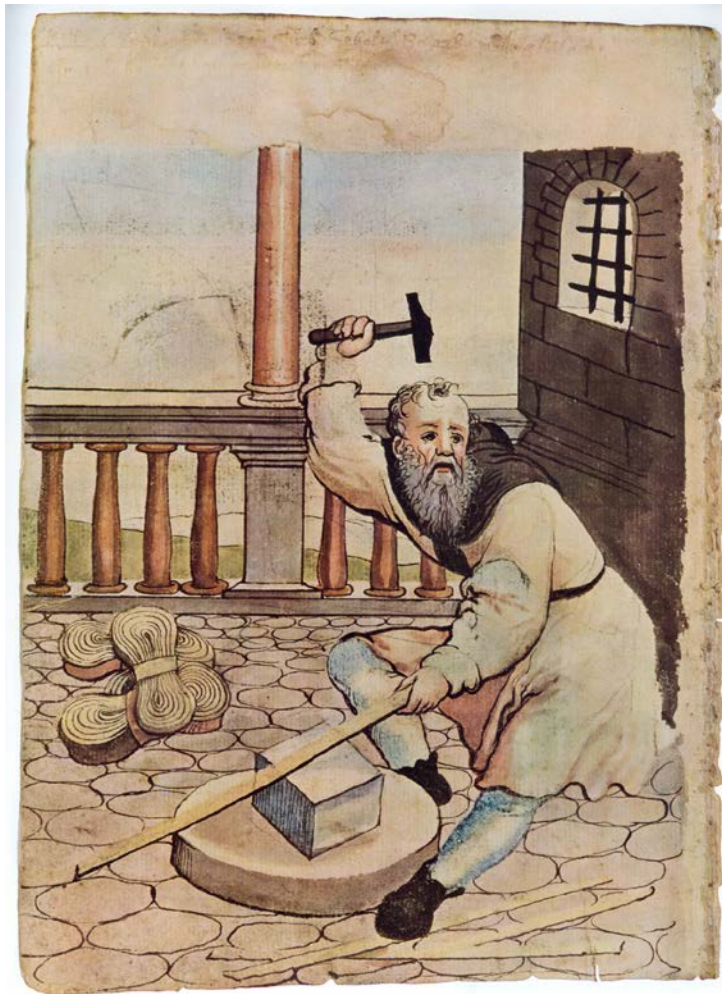


Figure 3. Hammering sheet metal. Medieval representation in the „Hausbuch der Mendelschen Zwölfbrüderstiftung zu Nürnberg“ (Treue et al. 1965)

Misunderstandings in interpreting the practice and tradition of ancient goldsmith's workshops were often the result of a lack of technological expertise and practical experience, as H. Maryon remarked: *“Therein lies the root of trouble. Archaeologists, relying on their acquaintance with modern methods, or misunderstanding the ancient methods, have attributed to the ancient workers power which, with their primitive furnaces, they could never have attained”* (Maryon 1949: 103). A proper assessment of the technological aspects of archaeological metal finds needs a detailed investigation with cooperation between different experts in arts and crafts, humanities, and material science. This also applies when comparing information and analogies cited here. It is important to determine whether representations in an image or in a text correctly describe a technical situation as the artist or writer may not be familiar with the technical details. Even in the case of correct representation in pictorial or written work, the interpretation of technical details requires a technical professional background (Jüngst 1982).

Fine metal working tools

The development of manufacturing processes and the required tools goes hand in hand with a change in materials and object morphology although there are very basic procedures and equipment that remain in use to this day (Maryon 1912; Untracht 1982). This is due to the function of the tools.



Figure 4. Double skin bellow and its handling in East Africa (Weule 1908: pl. 20, 2)

The creation process is the start of any metalwork, when the concept and design consider the function, shape, and decoration of the object to be manufactured, as well as the physical properties of the materials to be used. The object's concept can be an idea, a sketch, or a model none of which leave any archaeological evidence. To facilitate the realisation of the design the material quality is first checked, and quantities weighed. This is followed by techniques that require a heat source such as melting, alloying and casting. To reach the melting temperature for gold alloys (around 1000°C) constant ventilation of the charcoal fire is necessary. Furnaces were equipped with bellows, or several craftsmen blew with blowpipes. Complete blowpipes or bellows are not found in the archaeological record; however, they can be deduced from clay nozzles and tuyeres. Information about the shape and construction of bellows comes from ancient Egyptian, Greek, and Roman pictorial representations (Weisgerber, Roden 1985; 1986). In addition, ethnographic observations clearly show the handling of double skin as well as of double pot bellows (Weule 1908: plates 20, 2; Cline 1937: 103 fig. 11 a-c; Armbruster 1995: 122-124) (Figure 4). Soldering and annealing are pyrotechnical processes that also require a heat source. The charcoal hearth whether it is a simple pit furnace or a complex-constructed specimen is always a central point in a metal workshop (Figure 24).

The archaeological finds of specialised metalworking tools can be grouped into several categories. They are listed here according to their use in the "*chaîne opératoire*" of specialised working processes: 1) instruments of measurement and testing techniques, 2) pyrotechnical devices, 3) plastic shaping tools, 4) holding tools, and 5) abrasive tools. Stone, ceramics, and metals (bronze, or iron since the Iron Age) are the basic materials of fine metal working tools known from archaeological contexts, as they are preserved due to their good conservation conditions. In addition, goldsmiths were always equipped with tools or materials that left little trace in the archaeological record. These include grinding and polishing agents, acids for pickling, or organic materials, such as leather, bone, antler, wood, and fibres.

Refractory materials such as technical ceramics are used in workshops in the form of clay nozzles and tuyeres, crucibles, moulds, or furnace lining residues. Stone is represented as a raw material for moulds, touchstones, grinding stones, anvils, and hammers (so-called "cushion stones")

Table 1. Categories of artefacts expected during excavations

1	Measuring, weighing, testing	Beam balances, pair of scales, weights, touchstones
2	Pyrotechnical techniques	Furnace remains, tuyeres, nozzles, crucibles, casting moulds
3	Plastic shaping	Hammers, anvils, stakes, punches, chisels, dies, doming blocks
4	Holding	Tweezers, pliers, vices
5	Abrasive techniques	Scrapers, grinding and polishing stones, abrasive materials

(Armbruster 2006; 2010b; Boutoille 2019; 2020; Armbruster 2021, 44-50; Crellin *et al.* 2023). According to figurative representations of Bronze Age casting workshops in Egypt, there were also stones that were used to manipulate hot crucibles or moulds (Figure 24). Stone remains a material for casting moulds, touchstones and grinding stones up to the Early Medieval period. Equipment made of copper alloys (bronze) can be found as weighing panes, weights, moulds, anvils, stakes, hammers, chisels, punches, dies, mandrels, pliers, compasses, and terminals of blowpipes. During the Iron Age, iron begins to replace certain copper alloy tools, mainly anvils, hammers, chisels, punches, and tongs. However, many bronze tools used for plastic shaping techniques are also known from Iron Age contexts (Figure 22). Bronze continues to be the preferred material for casting moulds, scales, weights or dies until the early medieval period (Armbruster 2012c).

Often only a small part of the wide tool repertoire can be detected. What might remain of the equipment from fine metal working workshops for archaeological research? During excavations, the following five categories of artefacts can be expected (Table 1):

Further devices that are not detected directly can be indirectly recognised and reconstructed using tool mark analysis. These include, for example, the drill with a vertical axis or the lathe with a horizontal axis of rotation used to produce wax models for gold processing since the Late Bronze Age in Iberia or in the Early Iron Age Hallstatt period (Armbruster 2004; 2018).

Specific tool findings will be briefly presented below with characteristic case studies. To simplify the complex technical history of fine metal working tools, three major chronological groups are distinguished here. For the Chalcolithic and Early Bronze Age, the Bronze Age, and the Iron Age, examples from Western and Northern Europe are mainly considered.

Copper and Early Bronze Age

Material evidence is rare from the beginning of the gold working craft. Moulds for casting and crucibles for melting are not preserved, although gold has been melted and poured into something. Possibly bars were just cast into a hollowed-out piece of charcoal or wood. From the Chalcolithic and Early Bronze Age, stone tools for plastic shaping refer to early metallurgy (Figure 5). The



Figure 5a-b. Stone hammers from France (© B. Armbruster/Musée d'Archéologie Nationale)



Figure 6. Goldsmiths in Peru working with stone tools and blow pipes (Benzoni 1565: 251)



Figure 7. Experimental use of astone anvil fixed in a wooden stump and hammer without shaft (© M. Weber)



Figure 8. Ensemble of cushion stones, gold work, bell beaker pottery, and prestige objects. Artificial cave of São Pedro do Estoril, Lisbon, Portugal (© P. Witte - DAI Madrid)

stone implements used as percussion tools such as hammers as well as anvils have one or more flat surfaces (Butler, van der Waals 1967; Armbruster 2010b). They appear as stone axes with the edge cut off and smoothed, and as parallelepiped blocks, the so-called cushion stones (Boutoille 2019; Armbruster 2021: 44–50; Crellin *et al.* 2023). The handling of stone hammers without a handle is demonstrated not only by pictorial representations from ancient Egyptian wall paintings and low reliefs but also by ethnographic depictions in historical chronicles (Figure 6) information from ethnological sources and experiments (Figure 7) (Freudenberg 2009; Armbruster 2010b). Cushion stones are found in rich male burials such as the tomb of the so-called Amesbury archer in Southern England or the princely grave from Leubingen in Eastern Germany (Fitzpatrick 2011; Bertemes 2004). Gold ornaments, flint, and copper weapons as well as prestige objects like stone wrist guards, boar teeth or bell-beaker vessels were also deposited in these rich burials. Another well-known example from the Chalcolithic period with cushion stones, gold ornaments, bell-beaker pottery and other high-status artefacts comes from the cave of São Pedro do Estoril, Lisbon, in Portugal (Figure 8) (Gonçalves 2005: 106). Such rich funerary contexts are interpreted as early metallurgist's tombs. Despite several comparable findings, however, the social status of the early fine metal worker has not yet been clarified.

Small wire helices and ornamental sheet objects made by hammering with stone tools are among the earliest gold ornaments. During the Chalcolithic and Early Bronze Age in Atlantic Europe thin decorative sheet ornaments, lunulae, disc shaped appliques and neck pieces, the so-called “*gargantillas de tiras*”, appear (Armbruster, Comendador Rey 2015; Cahill 2015; Needham, Sheridan 2014). The ornamentation of these pieces remains linear and has hardly any relief. The sheet metal work gradually developed into three-dimensional shaped ornaments, vessels, and sacred objects from the Early Bronze Age, with the manufacture of gold cups, cylindrical arm rings and the exceptional Mold Cape, Wales (Hughes 2000; Needham 2000; 2006; Armbruster 2010a). The



Figure 9. Weighing and testing tools; 10a touch stone Choisy-au-Bac, Oise (© B. Armbruster); 10b balance beams in bone and antler, no. 8 in bronze (1 Cave Chaude au Bois du Roc; 2 Marolles-sur-Seine, Seine-et-Marne; 3 Monéteau, Yonne; 4 Parrat à Agris, Charente; 5 Bordjos, Banat; 6 Gours aux Lions à Marolles-sur-Seine, Seine-et-Marne; 8 Richemont-Pépinville, Moselle (Gomez de Soto 2001: 119 fig. 5, 1-8).

ornamental motifs on these complex gold objects often consist of chased geometric patterns and dotted lines as shallow relief.

Bronze Age

Middle and Late Bronze Age fine metalworking tools are mainly known from hoards. There are still no crucibles or moulds for precious metal processing, however, bronze tool assemblages testify to the variety of instruments used mainly for plastic shaping (Armbruster 2000: 34-65; 2001; Armbruster *et al.* 2003; Armbruster 2021). About 300 hammers and 70 anvils or stakes made of bronze are preserved from the European Bronze Age whereas other types of tools are rarely found in the archaeological record (Jantzen 2008: 379-389).

Early scale pans and weights made of copper alloys and used to control the quantity and quality of the metal alloys are identified from Late Bronze Age contexts (Pare 1999; Vilaça 2011; Ialongo *et al.* 2021; Mordant *et al.* 2021; Rahmstorf *et al.* 2021). Balance beams are made of bone and bronze (Figure 9) (Gomez de Soto 2001; Mordant *et al.* 2021). Weights come in various shapes and sizes. They are usually made of bronze and frequently follow a weight standard of about 9.3 g (Vilaça 2003; 2011). The category of testing and measurement instruments also includes touchstones for

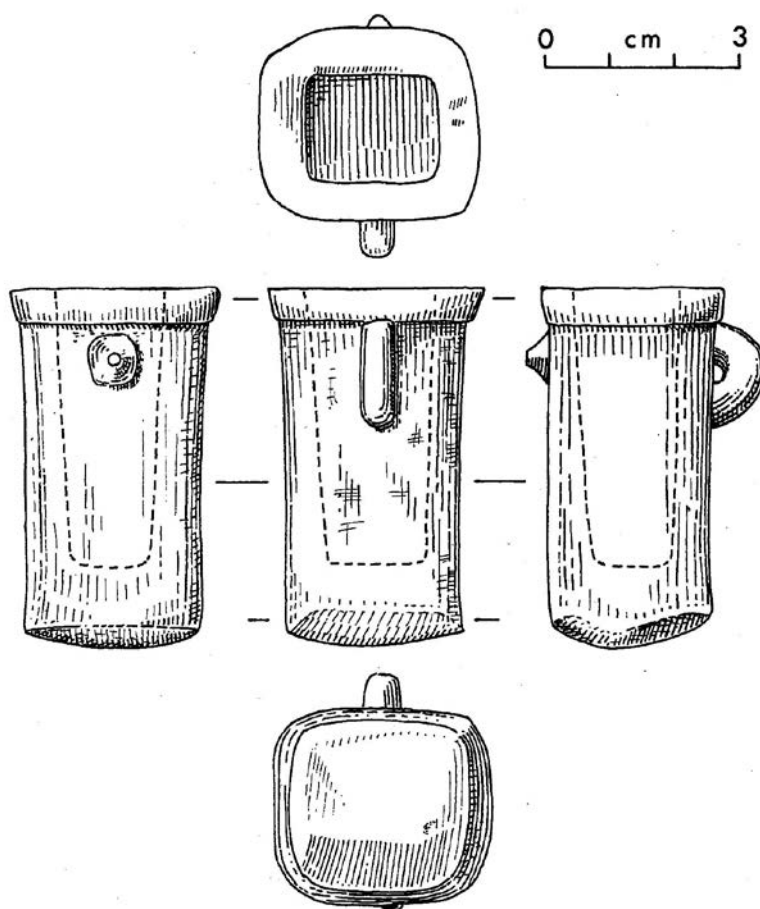


Figure 10. Schematic drawing of a socketed hammer (Nicolardot, Gaucher 1975)

the colorimetric test of gold alloy's composition and quality (Figure 9). Touchstones have been used since the Late Bronze Age (Eluère 1985; Oddy 1986; Armbruster 2006: 178–180).

Passive hammering supports and active percussion instruments of the Middle and Late Bronze Age such as hammers, anvils, stakes, swages and doming blocks, punches and chisels, are mainly cast in copper alloys (Armbruster 2001). Bronze hammers and anvils can be subdivided into functional categories (Ohlhaber 1939; Jockenhövel 1982; Ehrenberg 1981; Armbruster *et al.* 2019; Armbruster 2021: 42–69). Socketed hammers form the main part of active percussion tools in the Bronze Age (Figure 10). The cast socketed bronze hammers were provided with a wooden handle made from knee-timber that had to be fixed into the bronze socket (Wyss 1967: fig. 1).

Covering a wide range of tools, the French tool ensembles of Larnaud, Jura, and of G nelard, Saône-et-Loire, the Irish Bishopsland's hoard and the Southern German finding from Murnau, Garmisch-Partenkirchen, Bavaria, are outstanding examples of Bronze Age fine metal working tool assemblages made of bronze. Most of them are plastic shaping tools used for hammering, chasing, and punching. The G nelard hoard contains among other objects a cross-shaped stake (Figure 11a–b), several socketed hammers perhaps also used as small stakes (Figure 11a), a swage block (Figure 11c–d), several decorative punches including punches with concentric circles (Figure 11e), a casting mould for rings (Figure 11a left), and a stone hammer (Figure 11f) (Thevenot 1998; Thouvenin, Thevenot 1998). While the G nelard hoard with its 50 bronze objects, half of which are tools for



Figure 11a-d. G nelard tool hoard, Late Bronze Age; 11b cross shaped stake; 11c-d swage block and detail (  B. Armbruster/Mus eDenon, Chalon-sur-Saône)



Figure 11e. decorative punches with concentric circles; 11f stone hammer (© B. Armbruster/Musée Denon, Chalon-sur-Saône)



metalworking, can clearly be designated as a fine metal worker's hoard (Figure 11a-f), the large bronze hoard of Larnaud contains only a few metalworking tools within an assemblage of about 1800 other bronze finds (Figure 12a-b) (Armbruster 2008). Nevertheless, Larnaud is of great interest, as it includes an extremely rare tool, a small doming block in addition to a socketed hammer, six chisels and decorative punches. Another French find, the Fresné-la-Mère hoard, Calvados, must be included in this overview as it contains a socketed hammer and a multifunctional anvil with swages (Figure 13) and two gold items, torcs and an arm ring, as well as several bronze objects (Marcigny *et al.* 2005: 90). The Irish Bishopsland hoard comprises three socketed hammers, a small multifunctional anvil (Figure 14), and perhaps a vice (Eogan 1983: 234). The Bavarian "tool-kit" found in the area around Murnau combines about 20 fine metal working tools, including a small stake, two small plain hammers and several decorative punches (Nessel 2009). Finally, the rich tool ensembles found in the Late Bronze Age Lake dwellings of Switzerland must be mentioned (Figure 15a-c). Published at the end of the 19th century, these bronze tools are exemplary for their large range of fine metal working implements (Gross 1883; Wyss 1967).

For a long time, scholars have assumed that during the Bronze Age in Southern Scandinavia cast artefacts were predominantly produced locally, while hammered products, such as gold or bronze vessels, were imported. However, a considerable number of socketed bronze hammers from Denmark and Northern Germany show a local knowledge of plastic shaping techniques of gold and bronze (Jantzen 2008: 236-252). The collections of the Danish National Museum house numerous hammers with very different working surfaces that suggest specialized hammering techniques (Figure 14). However, bronze anvils have so far only been found in the north as miniature tools



Figure 12. Specialised bronze tools; a-b socketed hammer, chisels, decorative punches, dapping block, Larnaud hoard; detail of punches
(© B. Armbruster/ Musée d'Archéologie Nationale)

or as special equipment made of scrap material (Fabian 2006; Jantzen 2008: 253–259). Presumably, stone implements were used as a hammering support (anvil) in connection with bronze tools. Even today, stone anvils and metal hammers are used together in Africa (Armbruster 1993: 289; Brown 1995).

In the Late Bronze Age tool set of G nelard, S one-et-Loire, a stone hammer was found along with bronze tools. This indicates that occasionally percussion tools made of stone were used in metal processing until the Late Bronze Age, when bronze was largely the material of metal worker's tools (Figure 11f). So far, there is only one Bronze Age context known where a stone anvil block was found associated with and fixed in a wooden stump. This exceptional find comes from the Lac Neuchâtel near M ringen, Switzerland (Gross 1883: fig. 27). Like the numerous bronze hammers, anvils and moulds from the Swiss lake settlements already mentioned, this stone anvil is also dated to the Late Bronze Age (Wyss 1967).

Since bronze can be cast in complex shapes and is easily recycled it has two advantages in comparison to stone. In this perspective, the small bronze anvil from Lachen-Speyerdorf, Neustadt an der Weinstrasse, Germany, is of particular interest (Sperber 2000). It can be used in a variety of positions on a wooden stump and since it is made of a tin-rich bronze alloy it offers a considerable

Figure 13a. Two working positions of the stake with swages from the Fresné-la-Mère, Calvados, hoard, France (Evans 1881: 182); 13b fragmented stake from Kyle of Oykel, Scotland (© B. Armbruster/National Museum of Scotland); 13c small stake from Lichfield, Staffordshire (Needham, Meeks 1993)

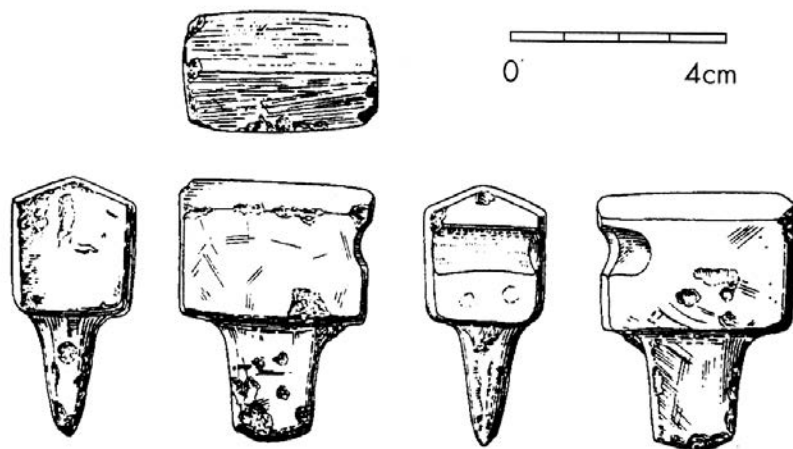
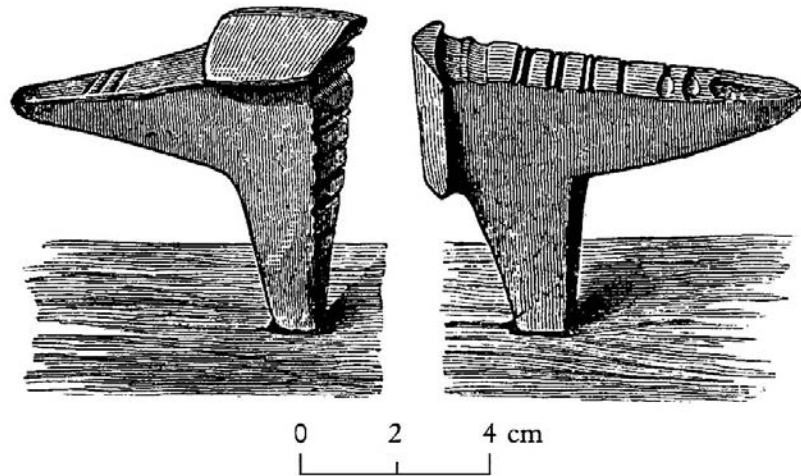




Figure 14. Irish Bishopsland hoard (© B. Armbruster/National Museum of Ireland, Dublin)



Figure 16. Bronze Age socketed hammers, Denmark (© B. Armbruster/National Museum of Denmark)

hardness. By alloying copper with a high proportion of tin the artisans were able to deliberately determine the material properties of the tools and to produce a hard bronze that could compete with stone anvils and hammers.

A few other important single finds must be highlighted here. The small stake from Lichfield, Staffordshire, Great Britain, is a rare example of a bronze tool on which gold particles still adhere (Figure 13c), they relate this small bronze tool directly to gold working (Needham, Meeks 1993). This stake has the shape of a gable-roofed block with a tang underneath for fixation in a stump. There are also rare finds of unusual tools such as a bronze stake for producing vessels from Crete (Hundt

Figure 15a-c. Bronze Age bronze tools from Swiss lake dwellings; 16a two anvils; 16a-b one hammer with a hafting hole, two socketed hammers, and one hammer made from an ailed axe head. (© B. Armbruster/National Museum of Switzerland, Zurich)



1986) or a small ball punch from Petit-Villatte, Neuvy-sur-Barangeon, France (Nicolardot, Gaucher 1975: 36 fig. 1; Eluère, Mohen 1993: 15). Other rare devices appear in two already mentioned hoards: the doming block in the Larnaud hoard (Figure 12a), and a swage block in the G  nelard assemblage (Figure 11c-d) (Nicolardot, Gaucher 1975: 35 fig. 1). While a swage block is provided with grooves, a doming block bears small hemispherical depressions. It was used to produce hemispherical sheet elements for beads or appliqués, with a ball-shaped punch with a rounded head in combination with the doming block. Even today, the goldsmith manufactures sheet metal hemispheres with the help of a doming block, a ball punch, and a hammer (Brepohl 1980: 233).

There are tools in prehistoric fine metal working workshops that have not survived in the archaeological record but are attested by tool marks. For example, the finishing of metal objects by grinding or polishing can only be deduced from the traces left on the object surfaces. The use of the drill and the lathe has been hypothetically reconstructed based on tool mark analyses, object shapes of rotational symmetry, and perfectly concentric ornamental motifs. Rotary motion tools are evident for the manufacturing of heavy gold arm rings from Late Bronze Age Iberia (Figure 17) (Armbruster 2004). Information from iconography, experimental archaeology, and ethnoarchaeology facilitate the development of explanatory models of rotary instruments, their construction, and handling (Figure 18a). Both, the drill, and the lathe belong to the first devices with a rotary motion and thus an early form of machine. We must assume that during the Late Bronze Age and the Iron Age, the lathe was made entirely of wood, as it is also known from ethnographic contexts. With the help of a hand-held cutting tool on a tool rest, shapes and ornamental reliefs can be cut into wax models. These wax models shaped on a lathe are intended for casting in the lost wax process. An Egyptian representation from the tomb of Petosiris around 300 BC (Figure 18b) and a Japanese drawing from the 18th century both show a very similar construction of a lathe turning with a cord (Figure 18c) (Lefebvre 1924: plate 10; Mutz 1972: fig. 13). These images served as the basis for the reconstruction of an experimental lathe (Figure 18a).

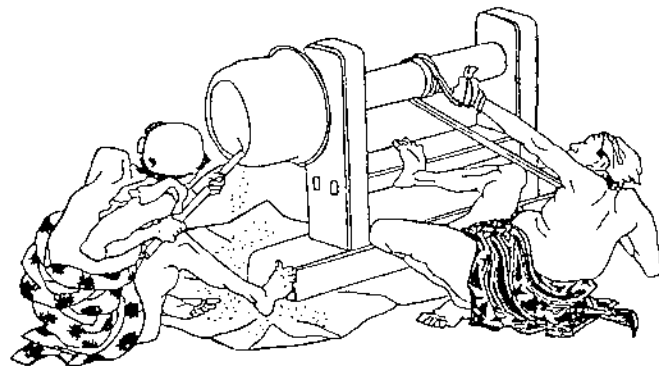
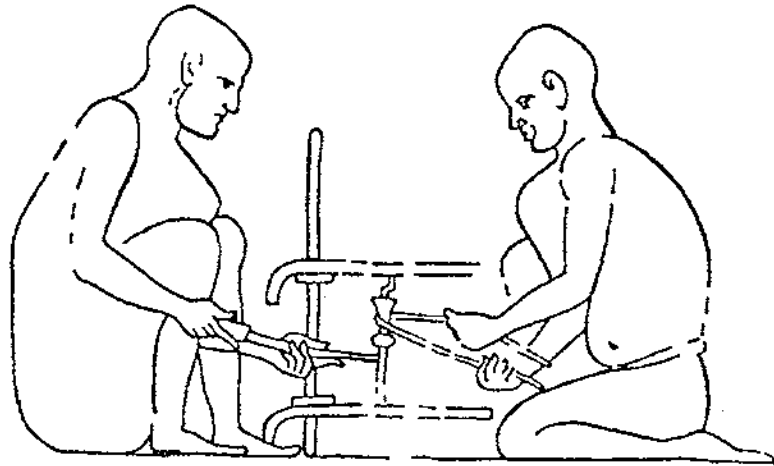
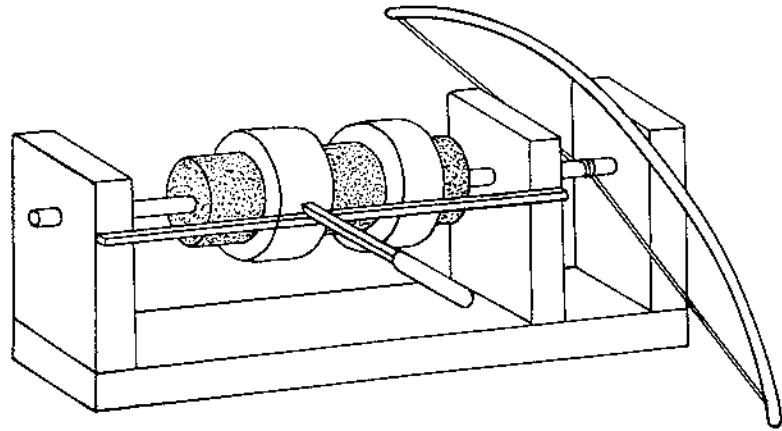
Iron Age

Due to a lack of written or iconographic sources, the Bronze and Iron Age gold technology and the implied tools are mainly investigated by means of rare tool finds and tool marks left on the gold objects. However, there is considerably less archaeological evidence of fine metal working technology from Iron Age contexts than is the case for the Bronze Age presumably because



Figure 17. Golden armrings from the Villena hoard, Spain, with cylindrical shape, decorated with grooves, spikes, and series of perforations (   B. Armbruster/Museo de Villena)

Figure 18a. Reconstruction of a lathe to produce wax models of the Villena/ Estremoz type (© B. Armbruster); 18b Egyptian (Lefebvre 1924: plate 10) and 18c Japanese depiction of lathes (Mutz 1972: fig. 13).



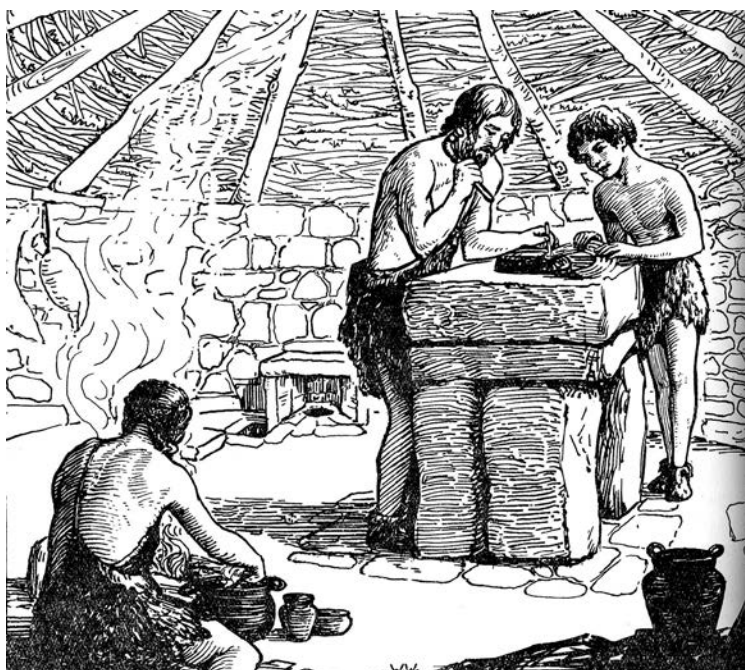


Figure 19. Suggestion of a Late Bronze Age goldsmith's workshop (Maryon 1938, 132 fig. 1).

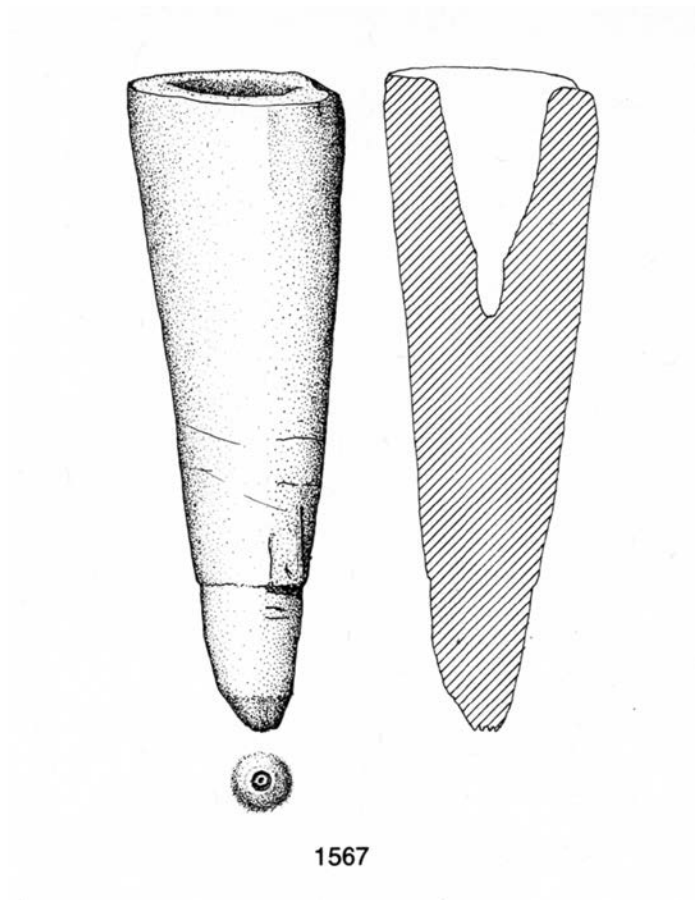
deposition habits changed (Armbruster *et al.* 2003). Only some rare specialised fine metal working tools are preserved, in most cases as single objects. The Iron Age goldsmith, however, had well-equipped workshops as can be deduced by the product shapes, construction, and tool marks.

Reconstruction models have shown during the exhibition “Gold of the Helvetians” give a good insight into a hypothetical Iron Age fine metal workshop. A differentiated spatial distribution shows specialized activities: melting and casting, hammering, chasing, wire preparation, soldering, and finishing by grinding and polishing (Furger, Müller 1991: 150–151). Compared to this quite truthful reconstruction of Iron Age workshops, fancy ideas of a Late Bronze Age goldsmith's workshop as imagined in the 1930s, with two goldsmiths standing on a megalithic stonework table while manufacturing an Irish gold gorget seem to be rather anecdotic (Figure 19) (Maryon 1938: 132 fig. 1).

During the Iron Age, iron is supposed to be the material used for making tools such as anvils, hammers, or tongs. However, there are also references to the preservation of bronze as a material for plastic deformation tools such as hammers, anvils, punches, chisels, and dies for precious metal processing. Antler was apparently used to make decorative punches for Early Iron Age gold ornament decoration. A rare example of an antler punch with concentric circles was found at the Early Iron Age hill site of the Heuneburg, Germany (Figure 20a) (Sievers 1984). The practical use of such kind of decorative punches made of organic material was tested by experiment (Figure 20b-c).

Another extraordinary find of a goldsmith's tool is a casting mould, as moulds for precious metal casting are extremely rare. This mould made of stone and allotted for the serial production of precious metal jewellery was discovered in the Iron Age shipwreck of Cala Sant Vicenç, Mallorca, Spain, dating to the 4th century BC (Figure 21) (Perea, Armbruster 2009). This one-half of a two-piece mould is provided with several negatives for small jewellery elements. Iron Age finds of dies point towards the increased serialised production of ornaments in the Iberian Peninsula compared to previous periods (Lorrio, Sánchez de Prado 2000–2001; Perea, Armbruster 2011).

Figure 20a-c. Antler punch from the Early Iron Age settlement Heuneburg, Germany; 17a drawing (Sievers 1984); 17b original punch and experimental punch side by side, 17c details of the concentric pattern (© B. Armbruster/Museum Württemberg Stuttgart)



Finds that involve several instruments from a goldsmith workshop are exceptionally rare, such as an ensemble of a clay crucible, stone moulds, and several metal punches from a grave in Pecica, Arad (1st century AD Romania) (Meier-Arendt 1980: fig. 24).

The tomb of an Iron Age goldsmith and warrior dating back to the 4th century BC was excavated in 1986 in the Iberian necropolis of Cabezo Lucero, Alicante (Spain) (Aranegui *et al.* 1993). During the Late Iron Age, specialised tools may well appear again not only in hoards or settlements but also in funerary contexts. This discovery can be regarded as extraordinary for the study of goldsmiths. Tomb 100 contained the standard equipment of iron weapons of an adult Iberian warrior and about 50 gold working tools (Uroz 1992). This tool assemblage includes scales, a weight, a hammer, a stake, punches, chisels, a decorative punch, tweezers and two blowpipe tips, as well as an ensemble of 31 dies (Perea, Armbruster 2011). The Cabezo Lucero burial testifies to several important steps within the “*chaîne opératoire*” of jewellery production: control of the raw material, shaping, ornamentation and joining techniques such as soldering. The only objects missing in this tool repertoire are tools for pyrotechnic processes such as melting, alloying and casting, i.e. crucibles, moulds, tuyères, furnaces and pliers. This tool set reflects the techniques of sheet and wire production that are characteristic of Iberian gold work including sheet elements decorated with filigree and granulation (Perea 1991: 238–253). Interestingly, the tools from Cabezo Lucero are all made of bronze.

Two circular panes of a beam balance made of a thin bronze sheet and a perforated disc-shaped weight (9.36 g) indicate specialised knowledge of weighing and the control of raw materials (Figure 22a). A socketed anvil and a socketed hammer are representatives of the production of rods, wire, and sheet metal by hammering (Figure 22b–c). Due to the strong corrosion of the bronze hammer, it is hard to see that its shape corresponds to socketed bronze hammers well known from the Late

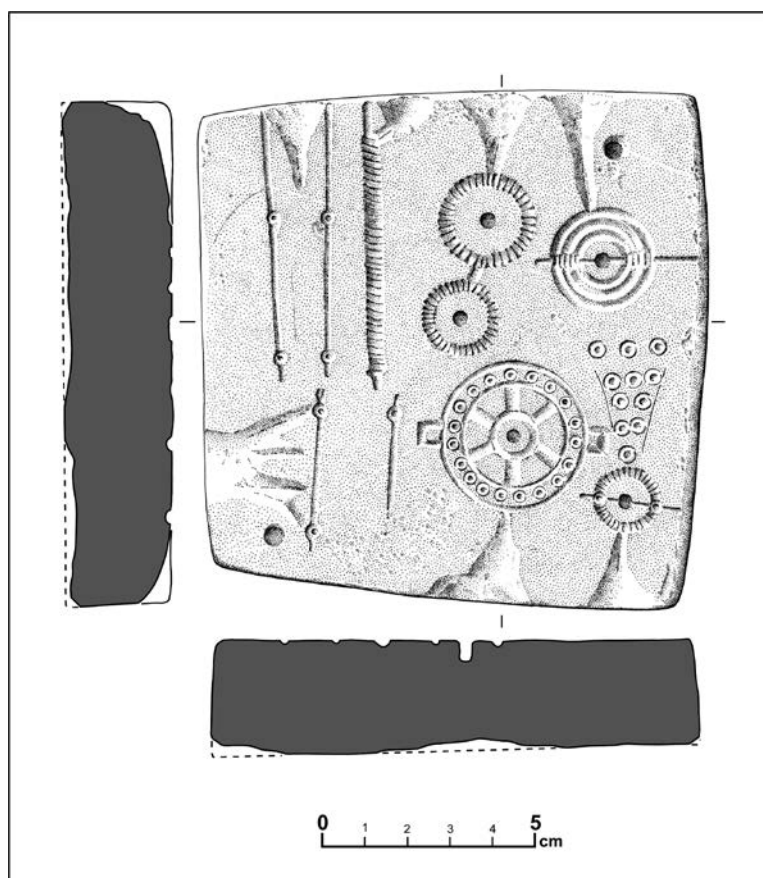


Figure 21. One part of a two piece casting mould from Cala Sant Vicenç, Mallorca, Spain (Perea, Armbruster 2009)

Bronze Age (Nicolardot, Gaucher 1975: 11 fig. 5). The stake is also provided with a socket that serves to fix the tool on a wooden rod.

The grave of Cabezo Lucero comprises a series of 31 dies whose Iberian culture iconography has been thoroughly investigated (Uroz Rodriguez 2006). They served the shaping of thin sheet elements by pressing a decorative relief. The bronze dies are a clear indication that the Iberian gold jewellery craft was accompanied by a certain standardisation and serial ornament production. The tool kit also includes punches and chisels with various shapes for chasing and punching. Findings of decorative punches and dies that bear a motif as a relief are extremely rare in Iron Age contexts.

The bronze tweezers with tapered ends presumably served the filigree and granulation work. Both decorative techniques are characteristic of Iberian goldwork and in combination with pressed sheet elements. This is the very first proof of such specialised bronze tweezers with tapered tips used for bending and manipulating wire elements for filigree decoration. The pointed tweezers could also be used to arrange granules for the granulation patterns on a metal sheet. Another completely novel object type unknown either for the Bronze Age or for the Iron Age appears in this tomb: two conical, hollow end pieces of blowpipes, both cast in bronze. Ancient goldsmiths used blow pipes for annealing, soldering and the control and alignment of the flame (Perea, Armbruster 2011). During the Iberian Iron Age soldering was carried out with metallic solder. This means that an artificial gold alloy with a higher copper and sometimes an increased silver content than the base metal was produced. This gold-based alloy was then applied in small particles to the parts to be joined and melted by heating in the furnace or with a flame and a soldering blowpipe. Since the solder alloy has a lower melting point than the base metal it melts earlier and connects the individual parts. In the case of ornaments with granulation and filigree, the solder material can be crushed into very small particles by means of coarse grinding stones. The tiny solder particles can then be scattered like salt onto the workpiece together with the small ornamental elements.

Unfortunately, none of the very numerous traditional Iberian gold jewellery items directly correspond to the bronze dies found in Cabezo Lucero. This fact suggests that one can expect a significant production of pressed gold sheet ornaments of which only a small fraction continues to exist archaeologically. Gold sheet jewellery, such as the diadem made from numerous pressed gold sheet elements from La Puebla de los Infantes, Seville, or the Aliseda ensemble, Cáceres, clearly testify to the work with dies (Figure 23a-c).

Ancient Egyptian and Roman goldsmith's workshops

At the beginning of this contribution, Egyptian studios from the 3rd and 2nd millennium BC were briefly mentioned as analogies for illustrating fine metal working in the Bronze Age. The basic techniques and the “*chaîne opératoire*” of weighing, melting, and casting, the hammering of sheets, the manufacturing of vessels, and the decoration of metal objects are shown. The workshop depicted in the tomb of Mereruka, near Saqqara and dated to circa 2500 BC, shows metal working with a pair of scales and weights, a furnace, blowpipes, crucibles, as well as anvils and hammers made of stone (Figure 24) (Garenne-Marot 1985: 86, fig. 1, 1, 96; fig. 5, 1-3). Similar activities are revealed by wall paintings from the mid of the 2nd millennium BC, e.g. in the tomb of Rekmire, close to Thebes (Figure 2a-b) (Davies 1943; Scheel 1989). These depictions demonstrate several scenes of metal vessel making in a well-organised Egyptian goldsmith's workshop. They illustrate in detail the following tools and their handling: furnace, blowpipe, tweezers, stone anvils, and round and flat hammers, as well as punch and snarling iron presumably made in bronze. The left part of the panel shows two different scenes: in the upper part an artisan is sitting on a chair and uses a blowpipe and tweezers for annealing or soldering something in a hearth, while below two upstanding artisans are hammering a large metal vessel with stone hammers and a snarling iron (Figure 2a). The right part of the panel depicts two facing goldsmiths, both sitting on cushions or blocks, one is polishing a conical vessel, whilst the other one is planishing small, egg-shaped

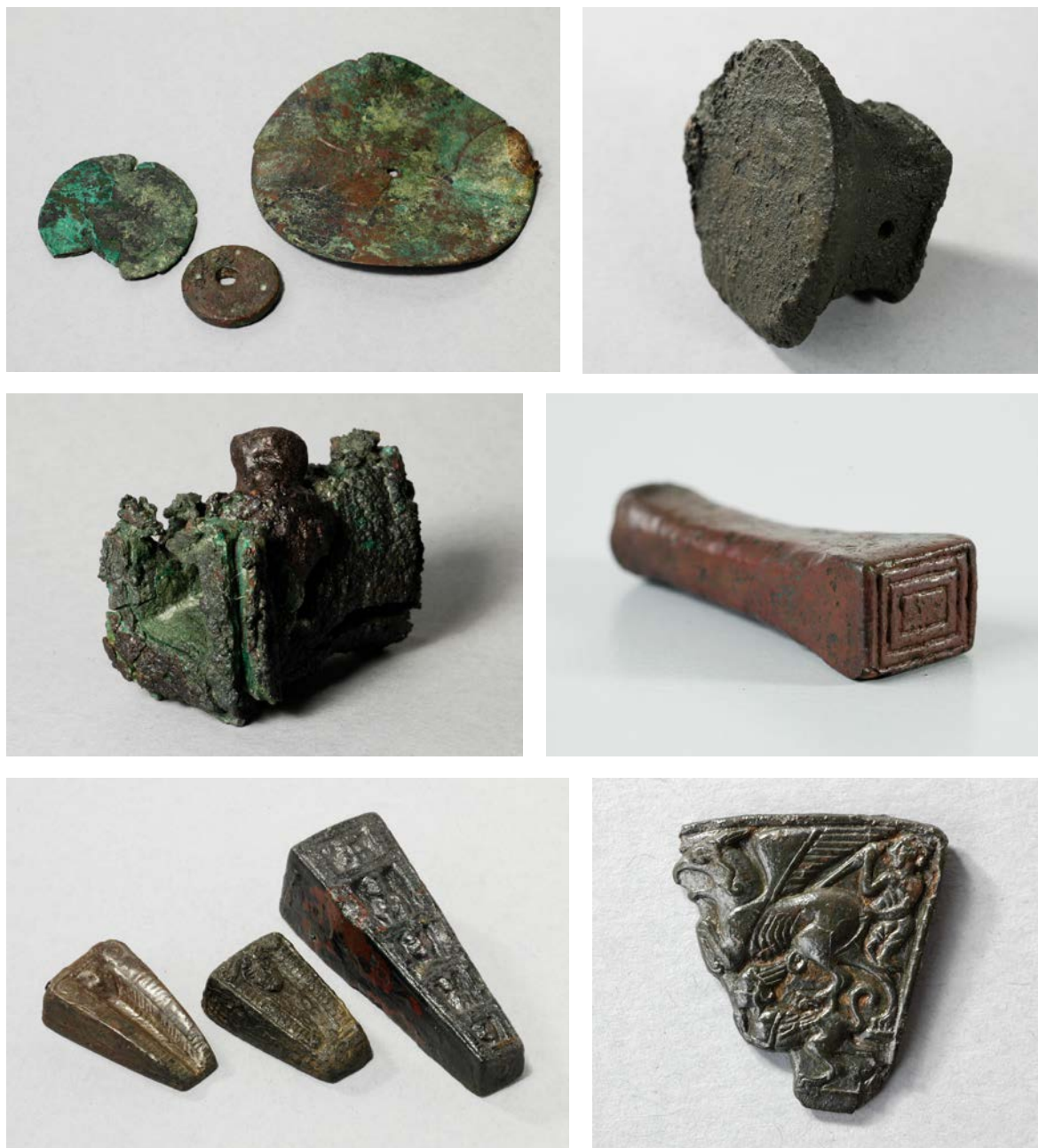


Figure 22a-k. Bronze tools of an Iron Age goldsmith and warrior, tomb 100 from Cabezo Lucero, Alicante, Spain. 22a two weighing pans and a weight; 22b socketed stake; 22c socketed hammer, 22d punches and chisels; 22e decorative punch/die; 22f-h selection of dies (© B. Armbruster/Museo Arqueológico Alicante)

vessels using a flat stone hammer and a snarling iron. The lower part shows the decoration of a large vessel by chasing from the outside, using a metal punch and a flat stone as percussion tools. The vessel must have been filled with a sort of chaser's pitch during the chasing process. Next to the chaser, a kneeling artisan is hammering sheet metal on a large, block-shaped stone anvil with a round stone hammer.

In comparison, the representation of a Roman goldsmith's workshop on a wall painting from Pompei gives an idea about the workshop equipment of the 1st century AD (Figure 25) (Ogden 1982: 66 fig. 4:58). The "amorini orefici" workshop from the Pompeian "Casa dei Vettii" is equipped with three beam balances and weights as the central activity of checking the quantity and quality of the precious metal. A grand built-up furnace with bellows as well as the use of a blowpipe demonstrates

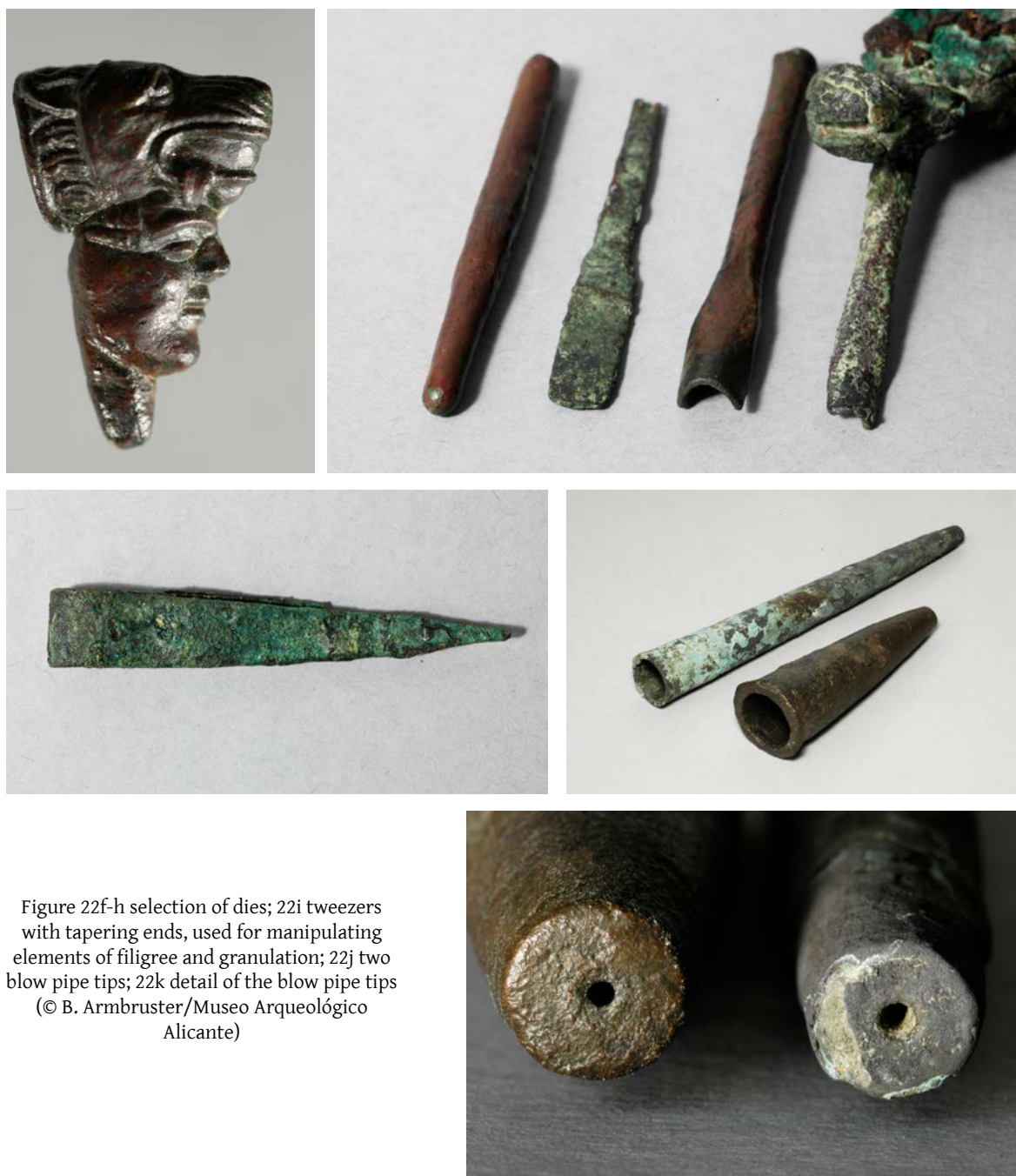


Figure 22f-h selection of dies; 22i tweezers with tapering ends, used for manipulating elements of filigree and granulation; 22j two blow pipe tips; 22k detail of the blow pipe tips
(© B. Armbruster/Museo Arqueológico Alicante)

the implementation, control, and employment of the charcoal heat source for alloying, melting, annealing, and soldering. Both goldsmiths at the furnace carry out their activities standing. One of them operates the bellows behind the furnace while the other works with tongs and a blowpipe directly at the charcoal fire at an opening on the front. Furthermore, there are two scenes of plastic shaping. One scene shows two goldsmiths who apparently are hammering together as a team, one holding the workpiece with a pair of tongs while the other one works with a heavy hammer. Both craftsmen work standing. Two different-sized anvils are lodged in a wooden stump. Two pliers and two hammers are shown of which only one device of each is actively used. The second scene reveals a seated craftsman performing delicate work on a small stake with a hammer. This stake is also fixed on a wooden stump. The goldsmith sits on a stool with a pillow and his feet rest on a bench. Presumably, the hammers, anvils, and pliers shown on this wall painting are made of iron.



Figure 23a. Early Iron Age gold work from Aliseda, Caceres, Spain; 23b Detail of the belt made with pressed sheet and decorated with granulation; 23c Ear pendants constituted of several pressed sheet elements
(© B. Armbruster/Museo Arqueológico Nacional, Madrid)



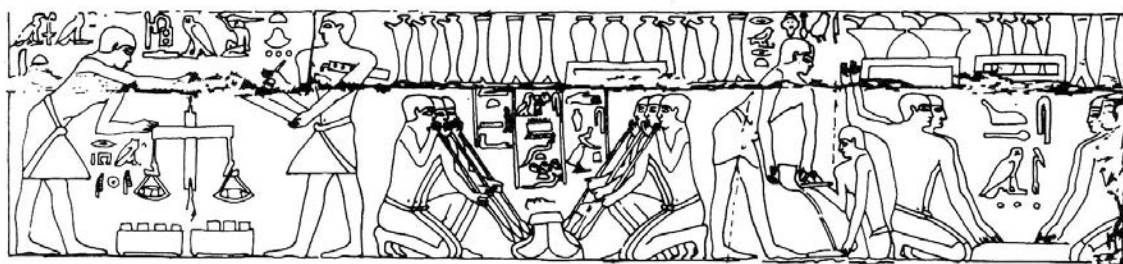


Figure 24. Tomb of Ti, Saqqara: Egyptian metalworking workshop, about 2500 BC, represented tools: scales, weights, furnace, crucible, blowpipes, stones to hold and transport the crucible to cast metal, anvil, and hammer stones (Garenne-Marot 1985: 86 fig. 1, 1)



Figure 25. Roman fine metal working workshop, wall painting from Pompeii, first century AD, tools represented: scales, weights, furnace, crucibles, blowpipes, bellow, tongues, anvils and hammers (Ogden 1982: 66 fig. 4:58)

These scenes from a Roman gold working workshop draw a picture of several techniques, tools, and their handling. However, the techniques of melting, alloying, and casting are missing here. This wall painting also conveys an impression of the workshop organisation where several goldsmiths have defined tasks. Comparing these images with scenes from ancient Egyptian workshops show that tools such as furnace, pliers, hammers, and anvils undergo changes in form and material. Nevertheless, the activities described have largely remained the same.

Outlook

The brief overview of the development of fine metal working tools, with respect to their material, shape, and function shows a gradual improvement and diversification of the equipment and technical possibilities in ancient gold production. This development is closely linked to the progress of the gold artefact's typology. The direct connection between technology, aesthetics, and function of both the products as well as the means of production was argued in this context.

While the use of lithic materials for grinding stones, touch stones and casting moulds continues from the beginning of metallurgy up to the Roman period, the material choices for plastic shaping tools changed through time. Although bronze replaces stone as a raw material for hammers, stakes, and anvils during the Bronze Age, they exist in bronze and in iron during the Iron Age.

Metallic pliers with an articulated joint, suitable for metal working, are only identified from Iron Age contexts. Before pliers were most probably made of wood. Only a few simple pincers in the shape of large tweezers are found in Bronze Age contexts, such as a tool from the bronze hoard from Freixiada (Vilaça *et al.* 2012). During the Iron Age, iron does not completely replace copper-based alloys from the stock of materials for making tools as hammers, stakes, dies, decorative punches, and tweezers could still be made of bronze (Perea, Armbruster 2011).

A certain similarity of the tool equipment from Roman workshops with those of the Bronze Age shows that astonishing coincidences exist due to functional characteristics. It becomes clear that

metalworking tools are subjected to much less typological change than other artefacts such as ornaments. The different traditions of ancient metalworking workshops shown here as well as the goldsmith's production witness a specialized and organized craft worked by skilled and trained craftspeople since the beginning of metallurgy.

Reference

- APPADURAI, A. (1998) – *The social life of things. Commodities in cultural perspective*. Cambridgeshire, New York: Cambridge University Press
- ARANEGUI, C.; GRÉVIN, G.; JODIN, A.; LLOBREGAT, E.; ROUILLARD, P.; UROZ J. (1993) – *La nécropole ibérique de Cabezo Lucero (Guardamar del Segura)*. Madrid Alicante: École des hautes études hispaniques, Casa de Velázquez ; Instituto de Cultura Juan Gil-Albert, Diputación Provincial de Alicante (Collection Casa de Velázquez 41)
- ARMBRUSTER, B. (1993) – Ethnoarchäologische Untersuchungen zum Metallhandwerk – Gelbguß, Bergbau und Goldschmiedetechniken als Analogien zu prähistorischer Metallverarbeitung. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 34, pp. 284-310
- ARMBRUSTER, B. (1995) – Traditionelles Goldschmiedehandwerk in Westafrika und bronzezeitliche Metallverarbeitung in Europa. Technologien im ethnoarchäologischen Vergleich. *Beiträge zur Allgemeinen und Vergleichenden Archäologie* 15, pp. 111-201
- ARMBRUSTER, B. (2000) – *Goldschmiedekunst und Bronzetechnik. Studien zum Metallhandwerk der Atlantischen Bronzezeit auf der Iberischen Halbinsel*. Montagnac: M. Mergoïl (Monographies instrumentum 15)
- ARMBRUSTER, B. (2001) – Zu bronzezeitlichen Werkzeugen der plastischen Verformung im nördlichen und westlichen Europa. In METZ, W.H.; VAN BEEK, B.L.; STEEGSTRA, H. (ed.) – *Patina. Essays presented to Jay Butler on the occasion of his 80th birthday*. Groningen: self-published, pp. 7-26
- ARMBRUSTER, B. (2004) – Le tournage dans l'orfèvrerie de l'âge du Bronze et du premier Age du Fer en Europe Atlantique. In FEUGÈRE, M. ; GÉROLD J.-C. (ed.) – *Le tournage des origines à l'an mil*. Montagnac : M. Mergoïl, pp. 53-70.
- ARMBRUSTER, B. (2005) – Funktionale Analogien als Quellen für die Experimentelle Archäologie – Metalltechniken und Werkstätten aus Westafrika. In FANSA, M. (ed.) – *Von der Altsteinzeit über „Ötzi“ bis zum Mittelalter. Ausgewählte Beiträge zur Experimentellen Archäologie in Europa von 1990-2003*. Oldenburg: Isensee, pp. 197-212 (Experimentelle Archäologie in Europa, 1)
- ARMBRUSTER, B. (2006) – Steingeräte des bronzezeitlichen Metallhandwerks. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 47, pp. 163-191
- ARMBRUSTER, B. (2008) – Outillage de métallurgiste de l'âge du Bronze : les dépôts de Larnaud (Jura) et Gévelard (Saône-et-Loire). *Bulletin de l'APRAB* 5, pp. 38-41
- ARMBRUSTER, B. (2010a) – Der Schatzfund von Arnozela, Distr. Braga, Portugal, und die zylindrischen Goldarmringe der Bronzezeit. In ARMBRUSTER, T.; M. HEGEWISCH, M. (ed.) – *Beiträge zur Vor- und Frühgeschichte der Iberischen Halbinsel und Mitteleuropas. On Pre- and Earlier History of Iberia and Central Europe. Studien in honorem Philine Kalb*. Bonn: R. Habelt (Studien zur Archäologie Europas 11), pp. 131-150
- ARMBRUSTER, B. (2010b) – Lithic technology for Bronze Age metal working. In ERIKSEN, B.V. (ed.) – *Lithic technology in metal using societies*. Højbjerg: Jutland Archaeological Society, pp. 9-22
- ARMBRUSTER, B. (2011a) – Approaches to metal work - The role of technology in tradition, innovation, and cultural change. In ARMADA PITA, X.-L.; MOORE, T. (ed.) – *Atlantic Europe in the First Millennium BC: Crossing the divide*. Oxford: Oxford University Press, pp. 417-438
- ARMBRUSTER, B. (2011b) – Gold in der Bronzezeit: Technologie, Ästhetik und Funktion. In DIETZ, U.L.; JOCKENHÖVEL, A. (ed.) – *Bronzen im Spannungsfeld zwischen praktischer Nutzung und symbolischer Bedeutung*. Stuttgart: F. Steiner, pp. 19-38 (Prähistorische Bronzefunde XX, 13)
- ARMBRUSTER, B. (2012a) – Feinschmiedewerkzeuge vom Beginn der Metallurgie bis in die Römische Kaiserzeit. In PESCH, A.; BLANKENFELDT, R. (ed.) – *Goldsmith Mysteries. Archaeological, pictorial and documentary evidence from the 1st millennium AD in northern Europe*. Neumünster: Wachholtz, pp. 59-85
- ARMBRUSTER, B. (2012b) – Technologietransfer im eisenzeitlichen Goldschmiedehandwerk – Fallstudien zu hallstattzeitlichen und Iberischen Edelmetallarbeiten. In KERN, A.; KOCH, J.K.; BALZER, I.; FRIES-KNOBLACH, J.; KOWARIK, K.; LATER, C.; RAMSL, P.C.; WIETHOLD, J. (ed.) –

- Technologieentwicklung und -transfer in der Halstatt- und Latènezeit. Langenweissbach* : Beier & Beran, pp. 193–207 (Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas 65)
- ARMBRUSTER, B. (2012c) – Wikingzeitliches Goldschmiedehandwerk in Haithabu. In PESCH, A.; BLANKENFELDT, R. (ed.) – *Goldsmith Mysteries. Archaeological, pictorial and documentary evidence from the 1st millennium AD in northern Europe*. Neumünster: Wachholtz, pp. 195–213
- ARMBRUSTER, B. (2013) – Gold and gold working. In HARDING, A.; FOKKENS, H. (ed.) – *Handbook of the European Bronze Age*. Oxford: Oxford University Press, pp. 450–464
- ARMBRUSTER, B. (2018) – Rotary motion in Iron Age gold work – annular ornaments and their decoration. In SCHWAB, R.; ARMBRUSTER, B.; MILCENT, P.-Y.; PERNICKA, E. (ed.) – *Early Iron Age gold in Europe; Society, technology and Archaeometry*. Rahden/Westf.: M. Leidorf, pp. 231–254.
- ARMBRUSTER, B. (2021) – *Les ors de l'Europe Atlantique à l'âge du Bronze*. Chauvigny : Association des Publications chauvinoises
- ARMBRUSTER, B. ; BLET-LEMARQUAND, M. ; FILY, M. ; GRATUZE, B. ; MENEZ, Y. (2010) – L'ensemble de bracelets en or de Pommerit-Le-Vicomte : une découverte récente dans les Côtes d'Armor en Bretagne. In FILY, M. ; MARCIGNY, C. (ed.) – *L'âge du Bronze dans l'Ouest de la France III. Et si on parlait de métal ? Résumé des communications*. Inédit, pp. 4–8
- ARMBRUSTER, B.; COMENDADOR REY, B. (2015) – Early gold technology as an indicator of circulation processes in Atlantic Europe. In PILAR PRIETO MARTÍNEZ, M.; SALANOVA, L. (ed.) – *The Bell Beaker transition in Europe. Mobility and local evolution during the 3rd Millenium BC*. Oxford, Philadelphia: Oxbow Books, pp. 140–149
- ARMBRUSTER, B.; COMENDADOR REY, B.; A. PEREA, A.; M. PERNOT, M. (2003) – Tools and tool marks. Gold and bronze metallurgy in Western Europe during the Bronze and Early Iron Ages. In *Archaeometallurgy in Europe*. Milano: Associazione italiana di metallurgia, pp. 255–265
- ARMBRUSTER, B. ; GUERRA, M.F. (2003) – L'or archéologique, une approche interdisciplinaire. *Techné* 18, pp. 57–62
- ARMBRUSTER, B.; JOCKENHÖVEL, A.; KAPURAN, A.; RAMADANSKI, R. (2019) – The moulds from Velebit and European Bronze Age metal anvils. *Starinar* 69, pp. 139–182
- BENNER LARSEN, E. (1987) – SEM-identification and documentation of tool marks and surface textures on the Gundestrup cauldron. In BLACK, J. (ed.) – *Recent advances in the conservation and analysis of artifacts*. London: Summer Schools Press, pp. 393–394
- BERTEMES, F. (2004) – Zur Entstehung von Macht, Herrschaft und Prestige in Mitteleuropa. In MELLER, H. (ed.) – *Der geschmiedete Himmel. Die weite Welt im Herzen Europas vor 3600 Jahren*. Stuttgart: Theiss, pp. 149–153
- BINGGELI, M. (2003) – Sonne und Filigran. Beobachtungen zur Herstellung des Goldgehänges von Jegenstorf. *Archäologie der Schweiz. Archéologie Suisse. Archeologia Svizzera*, pp. 34–36
- BIRINGUCCIO, V. (1977) – *De la Pirotechnia: Libri X*. Milano : Il Polifilo
- BOUTOILLE, L. (2019) – Cushion stones and company: British and Irish finds of stone metalworking implements from the Bell Beaker period to the Late Bronze Age. In BRANDHERM, D. (ed.) – *Aspects of the Bronze Age in the Atlantic Archipelago and Beyond*. Hagen/Westf. : Curach Bhán publications, pp. 203–217 (*Archæologia Atlantica – Monographiæ III*)
- BOUTOILLE, L. (2020) – Une idéologie des outils du métallurgiste de l'âge du Bronze. In : PEAKE, R. ; BAUVAIS, S. ; HAMON, C. ; MORDANT, C. (eds.) – *La spécialisation des productions et les spécialistes*. Paris : Société préhistorique française, pp. 183–198 (Séances de la Société préhistorique française, 16)
- BREPOHL, E. (1980) – *Theorie und Praxis des Goldschmiedes*. Leipzig: kurzfristig
- BREPOHL, E. (1987) – *Theophilus Presbyter und die mittelalterliche Goldschmiedekunst*. Leipzig: Edition Leipzig
- BROWN, J. (1995) – *Traditional metalworking in Kenya*. Oxford: Oxbows (Cambridge Monographs in African Archaeology No. 38, Oxbow Monograph 44)
- BUTLER, J.; VAN DER WAALS, D. (1967) – Bell Beakers and early metal working in the Netherlands. *Palaeohistoria* 12, pp. 41–139
- CAHILL, M. (2015) – Here comes the sun. *Archaeology Ireland*, pp. 26–33
- CAMPS-FABRER, H. (1990) – *Bijoux berbères d'Algérie. Grande Kabylie, Aurès*. Aix-en-Provence: Edisud
- CLARKE, B. (2014) – *Unlocking the secrets of the ribbon torc*. Rathnew: Ribbon Torc Productions
- CLINE, W. (1937) – *Mining and metallurgy in negro Africa*. Menasha: George Banta Publishing Company (General Series in Anthropology 5)

- COWIE, T.; ARMBRUSTER, B.; KIRK, S. (2011) – A Middle Bronze Age gold ring from Falklandwood, Falkland, Fife. *Tayside and Fife Archaeological Journal* 17, pp. 19–24
- CRELLIN, R.J.; TSORAKI, C.; STANDISH, C.D.; PEARCE, R.B.; BARTON, H.; MORRIS, S.; HARRIS, O.J.T. (2023) – Materials in movement: gold and stone in process in the Upton Lovell G2a burial. *Antiquity* 97, 391, pp. 86–103
- DAVIES, N.D.G. (1943) – *Paintings from the tomb of Rekh-mi-re at Thebes*. New York: Plantin Press
- EHRENBERG, M.R. (1981) – The anvils of Bronze Age Europe. *Antiquaries Journal* 61, 1, pp. 14–28
- ELUÈRE, C. (1985) – Attention aux pierres de touche! *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 82, pp. 203–205
- ELUÈRE, C. (1990) – *Les secrets de l'or antique*. Paris : la Bibliothèque des Arts
- ELUÈRE, C. ; MOHEN, J.P. (1993) – Problèmes des enclumes et matrices en bronze de l'Age du bronze en Europe occidentale. In ELUÈRE, C. (ed.) – *Outils et ateliers d'orfèvre des temps anciens*. Paris: Picard, pp. 13–22 (*Antiquités Nationales, mémoire* 2)
- EOGAN, G. (1983) – *The hoards of the Irish Later Bronze Age*. Dublin: University College
- EVANS, J. (1872) – *The ancient stone implements, weapons and ornaments of Great Britain*. London: Longmans, Green & Co.
- EVANS, J. (1881) – *The ancient bronze implements, weapons and ornaments of Great Britain and Ireland*. London: Longmans, Green & Co.
- FABIAN, O. (2006) – *Die Schmiedegeräte der älteren Bronzezeit Skandaviens und Schleswig-Holsteins*. Rahden/Westf.: VML, pp. 23–40 (*Mitteilungen der Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte* 27)
- FITZPATRICK, A. (2011) – *The Amesbury Archer and the Boscombe Bowmen*. *Bell Beaker Burials at Boscombe Down, Amesbury, Wiltshire*. Salisbury: Wessex Archaeology (Wessex Archaeology Report 27)
- FREUDENBERG, M. (2009) – Steingeräte zur Metallbearbeitung – Einige neue Aspekte zum spätneolithischen und frühbronzezeitlichen Metallhandwerk vor dem Hintergrund des Schleswig-Holsteinischen Fundmaterials. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 3, pp. 1–20
- FRÖHLICH, M.; R. FRÖHLICH, R. (1974) – *Benvenuto Cellini. Abhandlungen über die Goldschmiedekunst und die Bildhauerei*. Basel : Gewerbemuseum
- FURGER, A.; F. MÜLLER, F. (1991) – *Gold der Helvetier: keltische Kostbarkeiten aus der Schweiz*. Zurich: Schweizerisches Landesmuseum (catalogue of exhibition)
- GARENNE-MAROT, L. (1985) – Le travail du cuivre dans l'Egypte pharaonique d'après les peintures et les bas-reliefs. *Paléorient* 11, 1, pp. 85–100
- GOMEZ DE SOTO, J. (2001) – Un nouveau locus du Bronze final au Bois du Roc à Vilhonneur (Charente): le réseau de la Cave Chaude. *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 98, pp. 115–122
- GONÇALVES, V.S. (2005) – *Cascais ha 5000 anos*. Cascais: Câmara Municipal (catalogue d'exposition)
- GROSS, V. (1883) – *Les protohelvètes ou les premiers colonistes sur les bords des lacs de Bienne et Neuchâtel*. Paris: Librairie Joseph Baer
- GUERRA, M.F.; T. CALLIGARO, T. (2004) – Gold traces to trace the gold. *Journal of Archaeological Science* 31, pp. 1199–1208
- HAWTHORNE, J.G.; SMITH, C.S. (1963) – *On diverse arts: the treatise of Theophilus*. Chicago: University of Chicago Press
- HUGHES, G. (2000) – *The Lockington gold hoard: an Early Bronze Age barrow cemetery at Lockington, Leicestershire*. Oxford: Oxbow Books
- HUNDT, H.J. (1986) – Zwei minoische Bronzegeräte zum Treiben von Metallgefäßen aus Kreta. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 16, pp. 279–282
- IAlongo, N.; HERMANN R.; RAHLSTORF, L. (2021) – Bronze Age weight systems as a measure of market integration in Western Eurasia. *PNAS* 118, pp. 1–9
- INKER, P. (2000) – Technology as active material culture: The Quoit-brooch style. *Medieval Archaeology* 44, pp. 25–52
- JANTZEN, D. (2008) – *Quellen zur Metallverarbeitung im Nordischen Kreis der Bronzezeit*. Stuttgart: F. Steiner (*Prähistorische Bronzefunde* XIX, 2)
- JOCKENHÖVEL, A. (1982) – Zu den ältesten Tüllenhämmern aus Bronze. *Germania* 60, 2, pp. 459–467
- JÜNGST, H. (1982) – Zur Interpretation einiger Metallarbeiterszenen auf Wandbildern ägyptischer Gräber. *Göttinger Miszellen* 59, pp. 15–27
- KNAUSS, J. (2004) – Einführung. In KYRIATSOU, A. (ed.) – *Tagungsband. Althellenische Technologie und Technik von der prähistorischen bis zur hellenistischen Zeit mit Schwerpunkt auf der prähistorischen*

- Epoche*. Weilheim: Verein zur Förderung der Aufarbeitung der Hellenischen Geschichte, pp. 33–34
- LEFEBVRE, G. (1924) – *Le Tombeau de Petosiris III*. Cairo: Institut français d'Archéologie orientale
- LORRIO, A.J.; SÁNCHEZ DE PRADO, M.D. (2000–2001) – Elementos de un taller de orfebre en Contrebia Carbica (Villas Viejas, Cuenca). *Lucentum* XIX–XX, pp. 127–148
- MARCIGNY, C. ; COLONNA, C. ; GHESQUIÈRE, E. ; VERRON, G. (2005) – *La Normandie à l'Aube de l'histoire. Les découvertes archéologiques de l'Âge du Bronze 2300–800 av. J.C.* Paris : Somogy édition d'art (Catalogue d'exposition)
- MARYON, H. (1912) – *Metalwork and enamelling*. London: Chapman & Hall
- MARYON, H. (1938) – The technical methods of the Irish smith in the Bronze and Early Iron Ages. *Proceedings of the Royal Irish Academy*, pp. 181–228
- MARYON, H. (1949) – Metalworking in the ancient world. *American Journal of Archaeology* 53, 2, pp. 93–125
- MEEK, A.; MEEKS, N.; MONGIATTI, A.; CARTWRIGHT, C. (2012) – *Historical technology, materials and conservation: SEM and Microanalysis*. London: Archetype Publications
- MEEKS, N. (1987) – Artifacts, surfaces and the SEM. In BLACK, J. (ed.) – *Recent advances in the conservation and analysis of artifacts*. London: Summer School Press, pp. 409–410
- MEIER-ARENDT, W. (1980) – *Die Daker. Archäologie in Rumänien*. Mainz: Ph. von Zabern
- MISKE, K.F. V. (1899) – Prähistorische Werkstättenfunde aus Velem – St. Veit bei Güns. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft Wien* 29, N.F. 19, pp. 7–11
- MORDANT C.; PEAKE, R.; ROSCIO, M. (2021) – Weighing equipment in Late Bronze Age graves in the Seine and Yonne Valleys ». In RAHMSTORF, L.; BARJAMOVIC, G.; IALONGO, N. (2021) – *Merchants, measures and money. Understanding technologies of Early trade in a comparative perspective. Weight & Value: Volume 2*. Kiel, Hamburg : Wachholtz Verlag, pp. 159–172
- MORTIMER, C.; STONEY, M. (1997) – A methodology for punchmark analysis using electron microscopy. In SINCLAIR, A.; SLATER, E., GOWLETT, J. (ed.) – *Archaeological sciences 1995. Proceedings of a conference on the application of scientific techniques to the study of archaeology*. Oxford: Oxbow Books, pp. 118–122 (Oxbow Monograph 64)
- MUTZ, A. (1972) – *Die Kunst des Metaldrehens bei den Römern*. Basel, Stuttgart: Birkhäuser
- NEEDHAM, S. (2000) – The development of embossed goldwork in Bronze Age Europe. *The Antiquaries Journal* 80, pp. 27–65
- NEEDHAM, S. (2006) – Precious cups of the early Bronze Age. In NEEDHAM, S.; PARFITT, K.; VARNDILL, G. (ed.) – *The Ringlemere cup. Precious cups and the beginning of the Chancel Bronze Age*. London: British Museum, pp. 53–67 (The British Museum Research Publication no. 163)
- NEEDHAM, S.; MEEKS, N. (1993) – A Bronze Age goldworking anvil from Lichfield, Staffordshire. *Antiquaries Journal* 73, pp. 125–131
- NEEDHAM, S.; SHERIDAN, A. (2014) – Chalcolithic and Early Bronze Age goldwork from Britain: new finds and new perspectives. In MELLER, H.; RISCH, R.; PERNICKA, E. (ed.) – *Metalle der Macht – Frühes Gold und Silber. Metals of power – Early gold and silver*. Halle: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Landesmuseum für Vorgeschichte Halle (Saale), pp. 903–941 (Tagungen des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle, Band 11/I)
- NESSER, B. (2009) – Bronzenes Spezialgerät. Ein Metallhandwerkerdepot im Berliner Museum für Vor- und Frühgeschichte. *Acta Praehistorica et Archaeologica* 41, pp. 37–65
- NESTLER, G.; E. FORMIGLI, E. (1993) – *Etruskische Granulation. Eine antike Goldschmiedetechnik*. Siena : Nuova immagine
- NICOLARDOT, J.-P. ; GAUCHER, G. (1975) – *Typologie des objets de l'Âge du Bronze en France. Fasc. 5: outils*. Paris : Société Préhistorique Française
- NOBELET, J.D. (1981) – *Manifeste pour le développement de la culture technique*. Neuilly-sur-Seine : Centre de Recherche sur la Culture Technique
- ODDY, W.A. (1986) – The touchstone: the oldest colorimetric method of analysis. *Endeavour* 10, 4, pp. 164–166
- ODDY, W.A. (1996) – Jewelry under the microscope. A conservators' guide to cataloguing. In CALINESCU, A. (ed.) – *Ancient jewelry and archaeology*. Bloomington: Indiana University Press, pp. 185–197
- OGDEN, J. (1982) – *Jewellery of the ancient world. Materials and techniques*. Berkeley, London : University of California Press, British Museum

- OHLHAVER, H. (1939) – *Der germanische Schmied und sein Werkzeug*. Leipzig: C. Kabitzsch (Hamburger Schriften zur Vorgeschichte und germanischen Frühgeschichte 2)
- OLDEBERG, A. (1942-43) – *Metalltechnik under förhistorisk tid. I & II*. Lund, Leipzig : Kommissionsverlag O. Harrassowitz
- Pare, C. (1999) – Weights and weighing in Bronze Age Central Europe. In *Eliten der Bronzezeit*. Mainz : Römisch-Germanisches Zentralmuseum, pp. 421-514 (RGZM Monographien 43)
- PEREA, A. (1991) – *Orfebrería prerromana: Arqueología del oro*. Madrid: Caja de Madrid
- PEREA, A.; B. ARMBRUSTER, B. (2008) – L'archéologie de l'or en Europe. *Perspectives* 1, 2008, pp. 29-48
- PEREA, A.; ARMBRUSTER, B. (2009) – Jeweller's moulds for casting and stamping. New documents from Iron Age Iberia. In *Archaeometallurgy in Europe: 2nd international conference*. Milano : Associazione italiana metallurgia, pp. 361-367
- PEREA, A.; B. ARMBRUSTER, B. (2011) – Tomb 100 at Cabezo Lucero: new light on goldworking in the fourth-century BC Iberia. *Antiquity* 85, pp. 158-171
- PFAFFENBERGER, B. (1992) – Social anthropology of technology. *Annual Review of Anthropology* 21, pp. 491-516
- RAHMSTORF, L.; BARJAMOVIC, G.; IALONGO, N. (2021) – *Merchants, measures and money. Understanding technologies of Early trade in a comparative perspective. Weight & Value: Volume 2*. Kiel/Hamburg : Wachholtz Verlag
- RICHLY, H. (1896) – Handwerkzeuge eines reifen Schmiedes der Bronzezeit in Böhmen. Brucherzfund von Ritzen bei Leitmeritz. *Mittheilungen der K. K. Central Commission für die Erforschung und Erhaltung der Kunst- und Historischen Denkmale* 22, pp. 121-123
- SCHEEL, B. (1989) – *Egyptian metalworking and tools*. Aylesbury, Bucks : Shire Publications Ltd
- SCHLOSSER, S.; KOVACS, R.; PERNICKA, E.; GÜNTHER, D.; TELLENBACH, M. (2009) – Fingerprints in gold. In REINDEL, M., WAGNER, G. (ed.) – *New technologies for archaeology: multidisciplinary investigations in Palpa and Nasca, Peru*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, pp. 409-436
- SIEVERS, S. (1984) – *Die Kleinfunde der Heuneburg: die Funde aus den Grabungen von 1950-1979*. Mainz am Rhein: P. von Zabern (Heuneburgstudien V, Römisch-Germanische Forschungen 42)
- SPERBER, L. (2000) – Zum Grab eines spätbronzezeitlichen Metallhandwerkers von Lachen-Speyerdorf, Stadt Neustadt a.d. Weinstrasse. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 30, pp. 383-402
- THEVENOT, J.-P. (1998) – Un outillage de bronzier : Le dépôt de la Petite Laugère, à Gênelard (Saône-et-Loire, F). In MORDANT, C. ; PERNOT, M. ; RYCHNER, V. (ed.) – *L'atelier du bronzier en Europe du XXe au VIII siècle avant notre ère. Tome II. Du minerais au métal du métal à l'objet*. Paris : CTHS, pp. 123-144
- THOUVENIN, A.; J. P. THEVENOT, J.-P. (1998) – Au sujet de l'utilisation de «ciselets» de bronze provenant du dépôt de la Petite Laugère, à Gênelard (Saône-et-Loire). *Revue Archéologique de l'Est* 49, 171, pp. 366-370
- TREUE, W.; GOLDMANN, K.; KELLERMANN, R.; KLEM, F.; SCHNEIDER, K.; STROMER, W.V.; WISNER, A. (1965) – *Das Hausbuch der Mendelschen Zwölfbrüderstiftung zu Nürnberg*. Munich: Bruckmann
- UNTRACHT, O. (1982) – *Jewelry concepts and technology*. London: Hale
- UROZ, J. (1992) – Tumba del Orfebre (Tumba n°100). In LLOBREGAT CONESA, E. (ed) – *Cabezo Lucero, necrópolis ibérica, Guardamar del Segura (Alicante)*. Alicante: Museo Arqueológico Provincial de Alicante, pp. 45-48 (catálogo de la exposición)
- UROZ RODRIGUEZ, H. (2006) – *El programa iconográfico religioso de la "tumba del orfebre" de Cabezo de Lucero (Guardamar del Segura, Alicante)*. Murcia: Consejería de Educación y Cultura, Dirección General de Cultura (Monografías del Museo de Arte Ibérico de El Cigarralejo 3)
- VILAÇA, R. (2003) – Acerca da existência de ponderais em contextos do Bronze Final / Ferro Inicial no território português. *O Arqueólogo Português Série IV*, 2003, 21, pp. 245-288
- VILAÇA, R. (2011) – Ponderais do Bronze final-ferro inicial do ocidente peninsular: novos dados e questões em aberto. In GARCIA-BELLIDO, M.P.; CALLEGARIN, L.; JIMENEZ DIAZ, A. (ed.) – *Barter, money and coinage in the ancient Mediterranean (10th-1st centuries BC)*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, pp. 139-167 (Anejos de AESPA LVIII)
- VILAÇA, R.; BOTTAINI, C.; MONTERO-RUIZ, I. (2012) – O depósito do Cabeço de Maria Candal, Freixianda (Ourém, Portugal). *O Arqueólogo Português*, 2, pp. 297-353
- WEISGERBER, G.; RODEN, C. (1985) – Römische Schmiedeszenen und ihre Gebläse. *Der Anschnitt* 35, pp. 2-21

- WEISGERBER, G.; RODEN, C. (1986) – Griechische Metallhandwerker und ihre Gebläse. *Der Anschnitt* 38, pp. 2-26
- WEULE, K. (1908) – Wissenschaftliche Ergebnisse meiner ethnographischen Forschungen in den Südosten Deutsch-Ostafrikas. Berlin: Ernst Siegfried Mittler und Sohn
- WYSS, R. (1967) – Bronzezeitliches Metallhandwerk. Bern: P. Haupt (Aus dem Schweizerischen Landesmuseum 21)

A Macroscopic and 3D Morphometric Study of Prehistoric Mining Tools from the Lower Segura Valley, Southeast Spain

Scott Ingram and Dirk Brandherm¹

Abstract

Evidence for copper ore extraction and processing in southeast Spain during the El Argar period (c. 2200–1600 BC) is extremely scarce. Survey work carried out in the Lower Segura Valley in 2010 and 2011 documented the presence of a considerable number of potential prehistoric ore-processing tools at the Early and Middle Bronze Age site of Cerro de la Mina (Santomera, Murcia). The research presented here comprises a multi-layered approach involving experimental, macroscopic and 3D morphometric analyses in order to verify the possible use of these implements in Bronze Age ore processing activities. This approach was applied as a proof-of-concept study to a small sample of the tools in question and yielded positive results.

Keywords

PREHISTORIC MINING, EL ARGAR, BRONZE AGE, LITHIC MINING TOOLS

Résumé

Les preuves de l'extraction et du traitement du minerai de cuivre dans le sud-est de l'Espagne pendant la période d'El Argar (vers 2200-1600 avant JC) sont extrêmement rares. Les travaux d'enquête menés dans la vallée du Bas Segura en 2010 et 2011 ont documenté la présence d'un nombre considérable de possibles outils lithiques utilisés pour le traitement du minerai sur le site de l'âge du Bronze ancien et moyen de Cerro de la Mina (Santomera, Murcie). La recherche présentée ici est une approche multidisciplinaire impliquant des analyses expérimentales, macroscopiques et morphométriques 3D afin de vérifier l'utilisation possible de ces outils dans les activités de traitement des minerais de l'âge du Bronze. Cette approche a été appliquée comme une étude de preuve de concept à un petit échantillon d'outils et a donné des résultats positifs.

Mots clés

MINE PRÉHISTORIQUE, EL ARGAR, ÂGE DU BRONZE, OUTILS LITHIQUES MINIERS

Introduction

El Argar: Copper Ore Extraction and Metallurgical Production

The El Argar culture of southeast Spain (c. 2200–1600 BC) is considered one of the 'classic' Bronze Age cultures of Europe, and it is certainly one of the most well-known and studied of prehistoric societies in the Iberian Peninsula, with over a century of research carried out on the subject since the Belgian mining engineers Henri and Louis Siret began to undertake systematic fieldwork in the region. Their seminal volume *Las primeras edades del metal en el sudeste de España* (Siret, Siret 1890), originally published in French in 1887, for the first time provided scholars with a meticulous account of El Argar sites and artefacts (Lull *et al.* 2013: 596; López 2014: 81).

Fundamental to interpretations of the social, political and economic structure of El Argar, based partly on settlement remains as well as on the analysis of burials and their grave goods, is the notion that we are dealing with a highly centralised and hierarchical society (Lull *et al.* 2013: 602), an assertion that is often backed up by the archaeological evidence for mining and metallurgical production, including the processing of ore and the distribution of artefacts such as ingots, crucibles, moulds, and stone hammers and anvils within and across sites (Chapman 2008: 208; Lull *et al.* 2011: 398; Aranda *et al.* 2014: 91).

¹ Queen's University Belfast

It has been argued that the unequal distribution of these artefacts throughout the El Argar culture area is a consequence of a highly specialised and exclusive form of metallurgical production, distribution and use, which would have contributed to increasing social stratification and to the development of early statehood (Aranda *et al.* 2015: 91). According to this model, metal production was no longer controlled by the community as it would have been in the Copper Age, but by an elite based at central places who maintained their dominance through coercion and by creating an economic dependency on metal tools (Lull *et al.* 2010: 340–341). While this interpretation is hotly debated among scholars (Bartelheim 2007: 99–101; Brandherm 2009: 176–178; Montero, Murillo-Barroso 2010: 38; Gilman 2014: 22–23), the idea of centralised metal production is lent support by the fact that among excavated El Argar sites, so far only Peñalosa (Baños de la Encina, Jaén) has produced evidence for extractive metallurgy that can be securely dated to the Early and Middle Bronze Age, and that its output by far exceeded what would have been required by the local community (Lull *et al.* 2010: 333–336; 2011: 397–398). The notion of rigid social stratification is supported mainly by the evidence from burials, in which a dominant male class is associated with halberds and swords (Lull *et al.* 2013: 602). As such, it seems likely that the organization of metallurgical production, and by extension mining and ore processing, was closely linked to the hierarchical structure of El Argar society. The exact nature of any potential elite control, however, remains a matter of considerable debate (Brandherm *et al.* 2022: 129–130).

In this context, it is interesting to note that despite the relative abundance of copper ore deposits in southeast Spain, the surviving evidence suggests that very few were actually exploited, as most El Argar sites with relevant remains appear to have dealt only with the further processing of raw metal smelted elsewhere or with the recycling of copper objects (Lull *et al.* 2013: 600). While there is direct evidence for Early and Middle Bronze Age mining from the western reaches of the El Argar territory in the modern-day province of Jaén (Arboledas Martínez, Contreras 2010; Arboledas Martínez *et al.* 2015), particularly in Almería, Murcia and Alicante we are still lacking similar evidence for copper ore mining and processing activities during the El Argar period. Apart from some unconfirmed indication of ore prospecting activity attributed to the Early or Middle Bronze Age (Martínez Martínez, Bellón Aguilera 2011: 92) in the Sierra Espuña near Totana (Murcia), this state of affairs persists despite a long tradition of research and excavation in these areas, dating back to the nineteenth century (Blas-Cortina 1996: 172; Hernández 2010: 14). However, the well-worn adage that ‘absence of evidence is not evidence of absence’ should be borne in mind when assessing the extent of copper extraction in this period, as many Bronze Age and earlier mines have no doubt been completely destroyed by later activity (cf. O’Brien 2015: 78).

Recent Survey Work in the Lower Segura Valley

One of the areas of interest in the search for evidence of prehistoric copper mining and associated activities in southeast Spain is located around the Sierra de Orihuela (also known as Sierra de Santomera) and Sierra de Callosa in the Lower Segura Valley (Figure 1), where not only is there evidence for a rich, multi-period mining heritage which likely extends from prehistory well into the modern period (Brandherm *et al.* 2014: 116), but also several El Argar sites, including Cerro de la Mina, San Antón, Laderas del Castillo and Grieta de los Palmitos (López *et al.* 2014). Despite this, with some exceptions (Jiménez *et al.* 1999: 605–606; Escanilla 2016: 74–86), the Lower Segura Valley in the past has attracted little attention from scholars looking for traces of prehistoric mining activities.

There has, however, long been tentative evidence for the early exploitation of local copper sources. Archaeological investigations into the Copper and Bronze Ages in the Lower Segura Valley began from the mid-1800s and have mainly focused on the settlement sites of San Antón and Laderas del Castillo (Lull 1983: 332–341; Brandherm 1996: 39–43; López *et al.* 2014: 82). The results of excavations at both sites were published from the beginning of the 20th century and produced a range of artefacts, such as crucibles, hammers and at least one pick (Simón 2002: 169–170), which

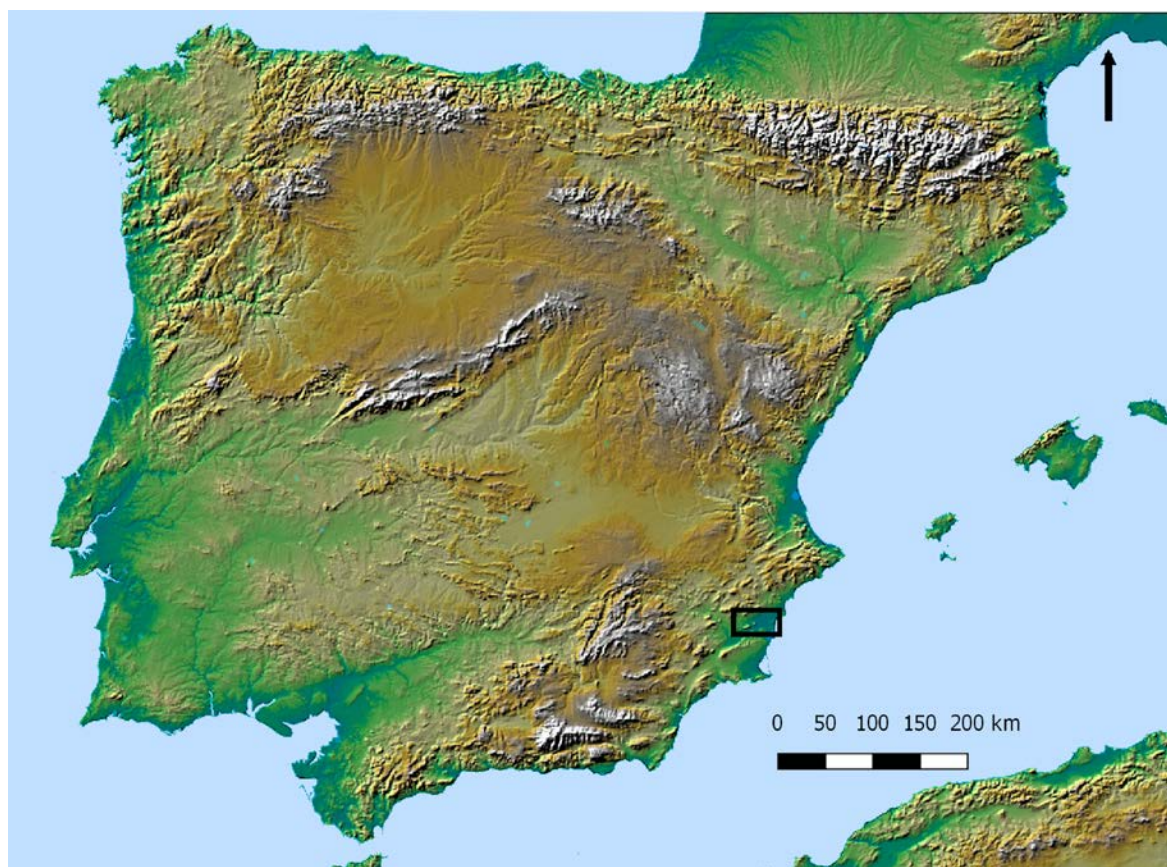


Figure 1. The location of the Lower Segura Valley in southeast Spain. Source: IniSIG.

suggest the processing and smelting of copper ore (López *et al.* 2014: 94–95). That said, lead isotope analysis, albeit on a rather limited number of artefacts from these sites, has indicated that in most instances the ore used to manufacture metal objects was unlikely to have been sourced in the Sierra de Orihuela, the Lower Segura Valley's only source of copper ore (Brandherm *et al.* 2014: 125; 2022: 136–140). Due to the potential of this area in furthering the investigation of mining in the 3rd and 2nd millennia BC, in 2010 and 2011 a survey of mining remains was carried out in the Sierra de Orihuela and Sierra de Callosa, resulting in a database of sites with a view to aiding future research (Brandherm *et al.* 2014).

Although the majority of the remains recorded in this survey seem to be post-medieval in date, and no direct evidence was found for Bronze Age copper mining, these prospections did lead to the discovery of a considerable number of potential prehistoric ore-crushing tools in the form of metabasite cobbles at the Cerro de la Mina settlement (Brandherm *et al.* 2014: 124). This site is located on a small hillock at an elevation of approximately 200 m, at the base of the southern slopes of the Sierra de Orihuela, composed mainly of Middle Triassic carbonates and to a lesser extent metamorphic rocks (Montenat *et al.* 1972). It has not undergone systematic excavation, but a number of looters' holes have exposed remains of Early and Middle Bronze Age cist and pithos burials. These and the large number of diagnostic pottery fragments scattered over the slopes of the Cerro de la Mina provide clear evidence of an El Argar occupation. Presently, the site covers an area of around 1 hectare. However, it should be noted that the Bronze Age occupation would potentially have extended over a larger area, as natural erosion and modern mining activities have likely destroyed parts of the site. A much smaller number of similar metabasite cobbles were also found at the neighbouring prehistoric settlement site of Cabezo Malnobre.

Cerro de la Mina is also home to a source of oxide copper ore – mostly malachite – whose modern exploitation can be seen in the spoil heaps that are to be found on the lower slopes of the hill (Brandherm *et al.* 2014: 123; López *et al.* 2014: 88). No direct and unambiguous evidence for prehistoric extraction of these ores has so far been identified. Whether or not some hollows in the rock faces at the top of Cerro de la Mina were caused by fire setting remains open to debate. Modern mining activities have also exposed a metabasite outcrop at the base of Cerro de la Mina. Its relationship with the metabasite cobbles strewn across much of the Bronze Age site will be discussed further below. Small quantities of oxide copper ore have also been observed at the nearby site of Cabezo Malnobre.

Potential Ore Crushing Tools at Cerro de la Mina (Sierra de Orihuela)

The fact that material from the El Siscar metabasite outcrop situated at the base of Cerro de la Mina could have been dispersed over parts of the site during the course of recent mining activities, and the lack of distinctive features which would allow easy identification of the metabasite cobbles recorded at the site as artefacts, evidently raise a number of questions regarding their possible use as ore-crushing implements for separating the gangue from the mineral in the Early and Middle Bronze Age. The first of these questions concerns the possibility that the more than 500 metabasite cobbles mapped at the site constitute debris from modern mining activities and have nothing to do with the Bronze Age occupation. While it certainly cannot be ruled out that at least part of the cobble-sized metabasite rocks strewn around the foot of Cerro de la Mina are indeed modern debris, it seems extremely unlikely that the same should apply to the cobbles recorded in the surviving Bronze Age settlement area on the upper slopes, which remain largely unaffected by recent mining activities and where modern mining debris is completely lacking. Also their limited size and mass range suggests that we are not dealing with modern mining debris (see below).

Another question concerns the ultimate provenance of the metabasite cobbles. While the lower slopes of Cerro de la Mina have been profoundly altered by modern mining activity, to the extent that the original topography of its southern expanses today is difficult to reconstruct in any detail, it does appear that the metabasite outcrop located at its foot was only exposed as a consequence of recent earth movements. If that is indeed the case, any cobbles associated with the prehistoric occupation would have had to be brought to the site from other outcrops in the area, potentially over a distance of several kilometres.

The use of quarried cobble tools in prehistoric mining and ore-processing activities as such is nothing unusual. While in many instances natural pebbles were preferred as convenient preforms for the production of mining picks and crushing implements, where these were not readily available, suitable rocks were often procured from nearby outcrops. Quarries exploited specifically to supply prehistoric mining communities with tools are known e.g. from the Chalcolithic mining complex of Cabrières (Hérault, France) (Maass 2005: 68). In the case of the Lower Segura Valley, as the three principal metabasite outcrops in the area – at El Siscar, Santomera and Orihuela – have all suffered extensive alteration by modern quarrying or mining activities, it is highly unlikely that traces of prehistoric quarrying would have survived *in situ*. Petrographic and geochemical analysis is currently underway to clarify the provenance of the suspected cobble tools from Cerro de la Mina. The locations of Cerro de la Mina, the El Siscar metabasite outcrop at its foot, and the two other sampled outcrops can be viewed in Figure 2.

The final question raised by the *ad hoc* nature of these potential implements concerns their function, and it is this question in particular that constitutes the focus of the present contribution. Their relatively limited mass range would seem to indicate that we are not looking at a tool assemblage used in ore extraction. With the exception of the sampled specimens referred to further below, suspected cobble tools at Cerro de la Mina were left mostly *in situ*, their mass estimated by visual inspection and approximative hand-weighing only. Based on this approach, the overwhelming

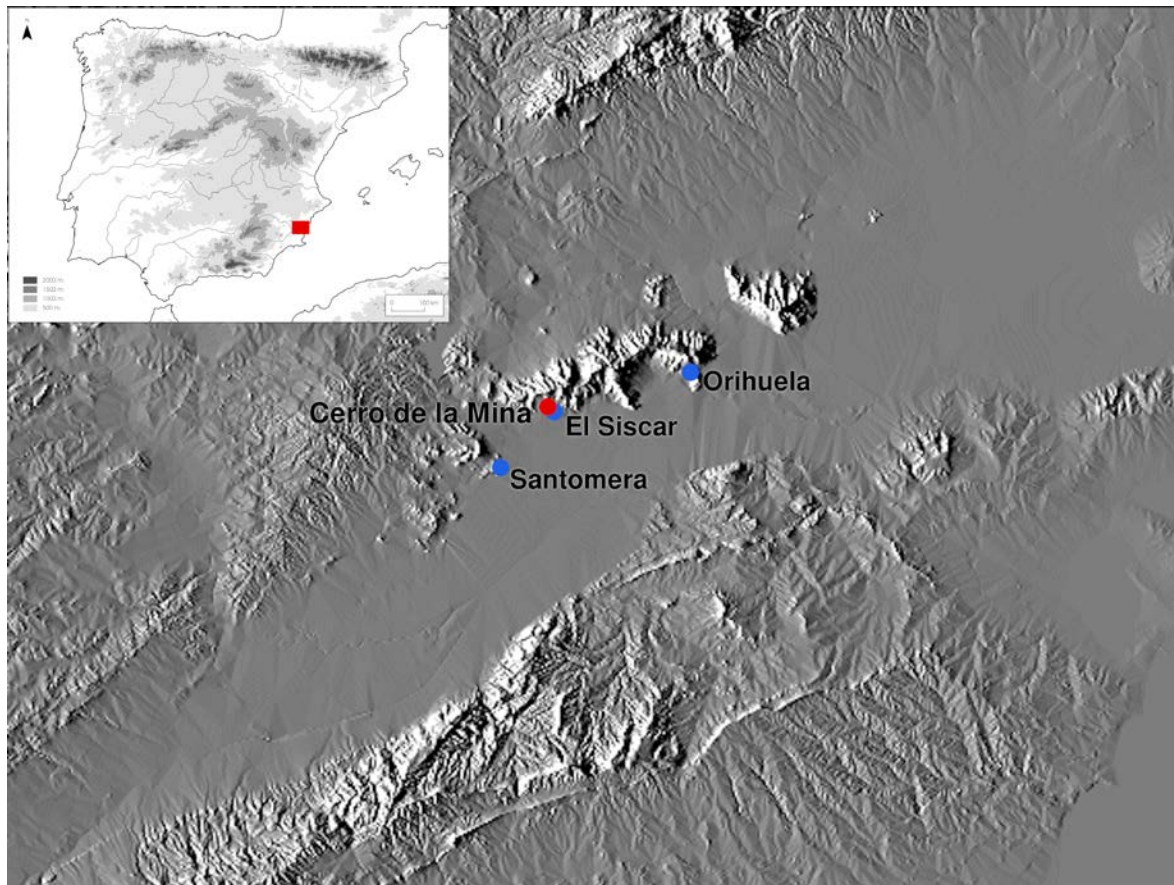


Figure 2. Locations of metabasite outcrops at Santomera, Orihuela and El Siscar, as well as the Early Bronze Age settlement at Cerro de la Mina. Source: Instituto Geográfico Nacional de España.

majority of pieces identified in the 2010–2011 survey should have a mass between 800 g and 2000 g. Full mining tool assemblages tend to display a much wider spread in their mass distribution than that observed among the cobbles from Cerro de la Mina (cf. Delgado-Raack *et al.* 2014: 29 tab. 2; 4). We interpret the more constrained mass range of the latter as indicative of their use as ore-crushing tools in processing activities taking place at the site, rather than in primary ore extraction. The experimental, macroscopic and 3D morphometric methods employed to test our hypothesis that the metabasite cobbles found at Cerro de la Mina were used in copper ore crushing activities are outlined in detail in the following section.

Approaches Taken in this Study

Sample Collection

The first step in the research process involved the collection of fifteen samples of metabasite rock from various sites around the Sierra de Orihuela, which would be suitable for experimental work and for future geochemical analysis. Firstly, three samples were taken from each of the three main metabasite outcrops in the area at El Siscar, Santomera and Orihuela. Secondly, a further six samples were collected from the Early and Middle Bronze Age settlement at Cerro de la Mina. All archaeological samples collected at Cerro de la Mina come from the upper part of the south-western slope, where most of the surviving Bronze Age settlement remains are located and where contamination with debris from any modern exposure of the local metabasite outcrop situated at the foot of the hillock would appear exceedingly unlikely.

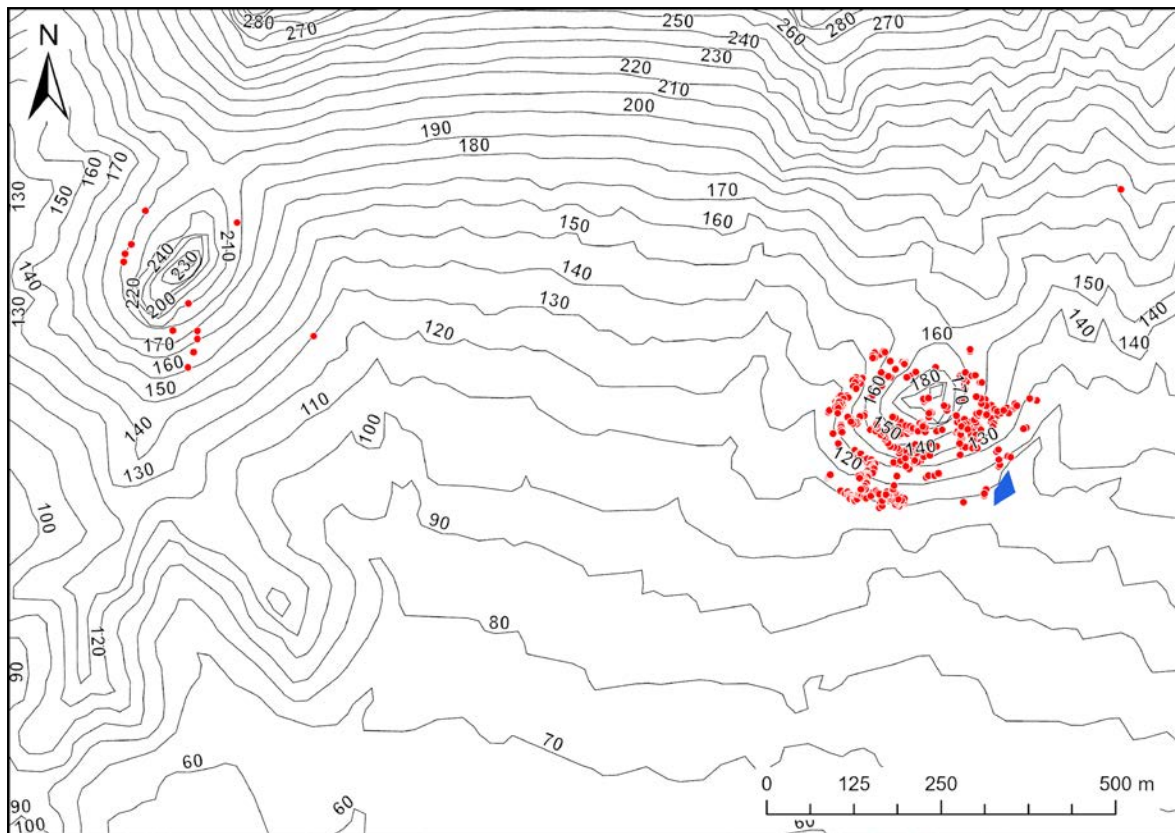


Figure 3. Location of El Siscar metabasite outcrop (blue polygon) and distribution of metabasite cobbles at Cerro de la Mina and Cabezo de Malnobre (red dots) recorded during the 2010–2011 survey.

2.2. Experimental Work

The fundamental basis of the macroscopic and 3D morphometric analyses carried out as part of this research is the use of experimental crushing using *ad hoc* metabasite cobble tools and the subsequent evaluation of their surfaces. This has allowed a clear comparison to be made between damage patterns that represent natural abrasion and those that are known to be anthropogenic in origin, which in turn enabled any damage patterns found on archaeological samples from Cerro de la Mina to be identified with a reasonable degree of certainty. Due to the wide range of lithic raw materials employed as tools and the concomitant differences in use-wear formation processes and morphology (Caruana *et al.* 2014: 4; Dubreuil *et al.* 2015: 135), it is clear that the experimental methods outlined here are essential in establishing how damage patterns are generated on this particular form of metabasite rock.

Turning to the procedure itself, the samples ORI05, ORI06 and ELS08 were chosen, due to their morphological suitability for use as hand-held crushing implements, to undergo two hours of experimental crushing each. Although it would have been preferable to crush carbonate copper ore in these experiments, the unavailability of this material during the experimental work made it necessary to use chalk as a substitute. Given that both materials are texturally similar, it was judged that this would not have any significant effect on the validity of any comparisons made between the experimental and archaeological samples. Once the chalk was prepared for crushing, it was placed on an anvil stone and crushed into a fine powder. Finally, it should be noted that all three samples (ORI05, ORI06 and ELS08) were scanned using a NextEngine 3D desktop scanner both before and after experimental work took place (see 2.2.2 for details).

Macroscopic Analysis

While Caruana *et al.* (2014: 3) have criticised the subjective and qualitative terminology used in the macroscopic description of use-wear, examining damage patterns on lithic implements with the naked eye remains of fundamental importance to the interpretation of tool manufacture, use and discard (Dubreuil *et al.* 2015: 132). For example, macroscopic analysis of percussive stone tools can easily differentiate between the morphology of different impacts and fractures, as well as indicating how the tool was wielded (Dubreuil, Savage 2014: 144–145). In addition, the adoption of terminology used in tribology is helping to standardise descriptions of use-wear formation processes and morphology, thus helping to eliminate uncertainty (Adams 2013). That said, it is hard to disagree with the argument put forward in Caruana *et al.* (2014: 5) that the multi-layered approach is the only way to advance the study of percussive tools and to reduce the subjectivity of analysis.

The macroscopic analysis undertaken in this study involved both the collection of metric data as well as the qualitative description of different types of damage patterns, which were observable on the surfaces of experimental and archaeological samples. In terms of metric data, all samples have been measured by recording length, width and thickness, using a calliper in the manner described for lithic tools in Andrefsky (2005). In addition, all samples have been weighed in order that their mass might be compared with that of other macro-lithic tools from mining and ore processing contexts.



Figure 4. ORI05 after two hours of crushing chalk. There are clear signs of crushing, pitting, and fracturing on the left side of the surface.

Table 1. Macroscopic analysis of experimental and archaeological samples.

Sample	Site	Damage Patterns	Length × Width × Thickness (mm)	Weight (g)
ORI05 (Experimental)	Orihuela	C, P, F	119.5 × 48.6 × 53.6	439.9
ORI06 (Experimental)	Orihuela	C, P	96.5 × 62.7 × 50.4	496.4
ELS08 (Experimental)	El Siscar	C, P	69.3 × 75.3 × 42.7	429.8
CER13 (Archaeological)	Cerro de la Mina	C, P	120.5 × 100.4 × 52.5	858.7
CER14 (Archaeological)	Cerro de la Mina	C, P, F	124.9 × 88.7 × 69.4	962.8
CER15 (Archaeological)	Cerro de la Mina	C	145.5 × 90.8 × 73.2	1565.6

Finally, any damage patterns observed on the relevant samples have been categorised and described as crushing (C), pitting (P), or fracturing (F). The definition of these qualities follows that used in Caruana *et al.* (2014: 7) where crushing is defined as ‘abraded and roughened surfaces at the extremities of specimens’ and pitting as ‘clusters of small cupules’. Clear examples of these types of damage patterns generated by experimental chalk crushing can be seen in Figure 4, while all data gathered by macroscopic analysis can be viewed in Tab. 1.

2.2.2. 3D Scanning and Morphometric Analysis

As mentioned above, experimental samples ORI05, ORI06 and ELS08, as well as archaeological samples CER13, CER14 and CER15, were scanned using a NextEngine 3D Desktop Scanner. The scanner uses a laser to record individual points on an object which can then be used to reconstruct the surface texture in the form of digital triangular meshes that are suitable for the creation of 3D models using Meshlab (Magnani 2014: 288). In this case, three to four meshes were generated for each object before being stitched together, using both fine and rough alignment tools in order to generate accurate 3D models (Figure 5). Once the experimental work was concluded, all three experimental samples were re-scanned and new models displaying their post-crushing surfaces were generated.

The 3D scanning of macro-lithic tools is extremely useful, not only because it bypasses the subjectivity and qualitative nature of macroscopic analysis by allowing the quantification of features, but also because the data can easily be shared through the internet and subjected to the same or different analyses by different researchers in order to corroborate results (Magnani 2014; Caruana *et al.* 2014). This quantitative approach was considered to be especially useful in the context of this project, given that the macro-lithic tools being studied show no signs of deliberate modification to mark them out as artefacts. Instead, they would have been used in an *ad hoc* manner, and therefore quantification of any use-wear serves to reinforce the macroscopic analysis of any damaged surfaces.

The 3D morphometric analysis, which makes up the final element in this multi-layered approach, provides the opportunity to advance the study of lithic percussive technology through the use of 3D models and the quantification of damage patterns using GIS software. The first step in this analysis involved the preparation of small portions of the damaged surface from each sample by deleting the rest of the model, after which the damaged surface was correctly aligned in Meshlab so that it would be facing the viewer when opened in ArcMAP 10.4.

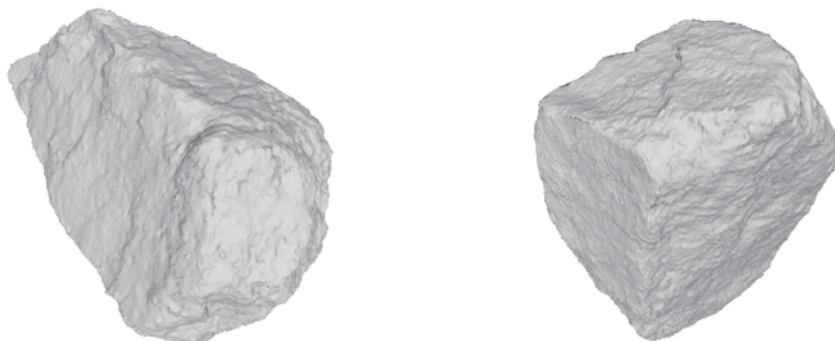


Figure 5. ORI05 (left) and ORI06 (right) post-crushing 3D models after being assembled in Meshlab.

Table 2. Red polygon volumes compared between natural surfaces (Pre-Crushing), experimentally damaged surfaces (Post-Crushing), and surfaces from potential ore crushing tools (Archaeological Sample) using Mann-Whitney U tests.

Population 1: Red Polygon Volume	Population 2: Red Polygon Volume	Results
ORI05 Pre-Crushing	ORI05 Post-Crushing	P-Value: 0.0466. The result is significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 1539.5
ORI06 Pre-Crushing	ORI06 Post-Crushing	P-Value: 0.36282. The result is not significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 824
ELS08 Pre-Crushing	ELS08 Post-Crushing	P-Value: 0.5552. The result is not significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 1532
ORI05 Post-Crushing	CER13 Arch. Sample	P-Value: 0.0271. The result is significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 1494.5
ORI06 Post-Crushing	CER14 Arch. Sample	P-Value: 0.02202. The result is significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 515.5
ELS08 Post-Crushing	CER15 Arch. Sample	P-Value: 0.18352. The result is not significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 1123.5

Table 3. Comparison between red and blue polygon volumes on all surfaces.

Population 1: Red Polygon Volumes	Population 2: Blue Polygon Volumes	Results
ORI05 Pre-Crushing	ORI05 Pre-Crushing	P-Value: 0.00328. The result is significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 1941.5
ORI06 Pre-Crushing	ORI06 Pre-Crushing	P-Value: 0.00932. The result is significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 526.5
ELS08 Pre-Crushing	ELS08 Pre-Crushing	P-Value: 0.00652. The result is significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 1476.5
ORI05 Post-Crushing	ORI05 Post-Crushing	P-Value: 0.08186. The result is not significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 921
ORI06 Post-Crushing	ORI06 Post-Crushing	P-Value: 0.10524. The result is not significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 762.5
ELS08 Post-Crushing	ELS08 Post-Crushing	P-Value: 0.84148. The result is not significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 988.5
CER13 Arch. Sample	CER13 Arch. Sample	P-Value: 0.00012. The result is significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 1686
CER14 Arch. Sample	CER14 Arch. Sample	P-Value: 0.63122. The result is not significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 567
CER15 Arch. Sample	CER15 Arch. Sample	P-Value: 0.88866. The result is not significant at $p \leq 0.05$. U-Value: 1077

In the case of the experimental samples, the same area on each model was selected for both the pre- and post-crushing scans, in order to ensure a genuine comparison was made. All surfaces were then put through the same process of analysis which involved the creation of TIN models, raster layers and digital elevation models (DEMs). From these DEMs it was possible to create a topographic positioning index to display the micro-topography of each surface, which in turn allowed the running of the Hot-Spot (Getis-Ord*) spatial analysis tool in ArcMAP 10.4. This tool highlighted significant clusters of peaks (hot spots) and valleys (cold spots) on the surfaces. A second TIN model was then created from the Hot-Spot Overlay, and after the generation of both red (for peaks) and blue (for valleys) contour features, a selection of these was converted into red and blue polygons respectively (Figure 6). Finally, polygon volume, perimeter and surface area were calculated and exported along with other information in the attribute table into the OpenOffice Calc spreadsheet program.

Once the polygon data had been gathered and organised, certain variables, such as volume and perimeter, were selected in order to make comparisons between samples. On the one hand,

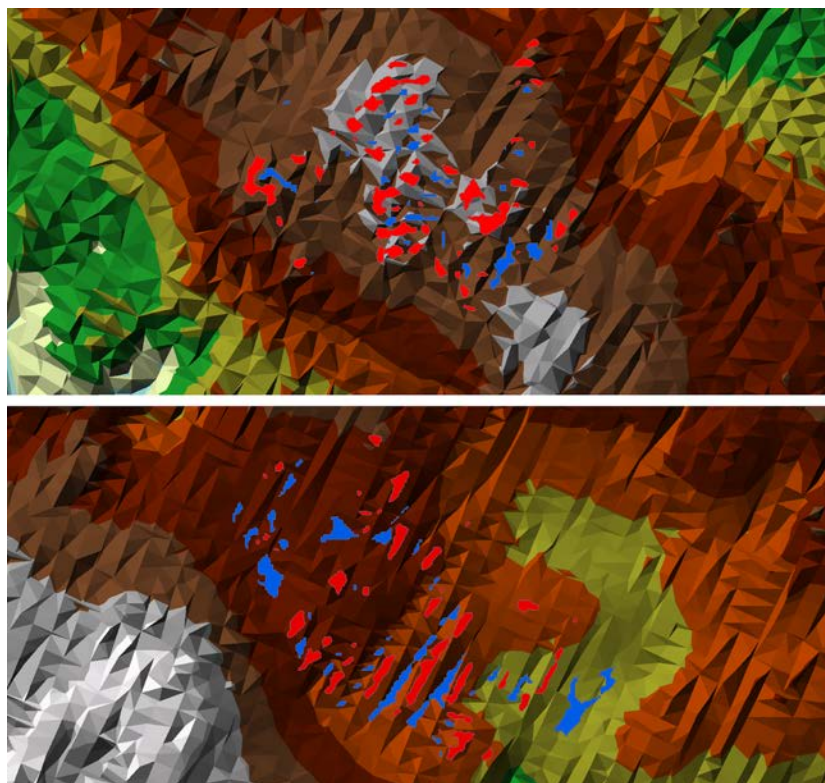


Figure 6. A selection of red and blue polygons placed over TIN Models. Top: ORI06 Pre-Crushing. Bottom: ORI06 Post-Crushing.

comparisons were made between the scanned surfaces of experimental samples both before and after crushing, and on the other, between the experimentally damaged surfaces and the potential tools from Cerro de la Mina. All comparisons between polygon data variables were made using the Mann-Whitney U Test, which determines if there are statistically significant differences between two sets of data without assuming a normal distribution pattern.

Caruana *et al.* (2014: 11) note that anthropogenic damage tends to result in an increase in clusters of peaks (i.e. red polygons) and a decrease in valleys (blue polygons), due to the fracture mechanics and crystalline structure of the cobbles studied. Therefore, the first group of Mann-Whitney U Tests involved the comparison of red polygon volumes across all samples, as this was considered to offer the best possibility of demonstrating significant differences between anthropogenic and natural damage patterns. The second test involved a comparison between red and blue polygon volume on the surfaces of all samples, in order to see if either anthropogenic or natural damage resulted in a statistically significant difference between red and blue polygon volume. The results of these tests can be viewed in Table 2 and Table 3. As with the macroscopic data, the results of the Mann-Whitney U tests are analysed in detail in the following section.

Analysis and Discussion

Analysis of Data

Beginning with the macroscopic analysis, both post-crushing experimental and archaeological specimens show signs of crushing, pitting and fracturing. However, since these damage patterns can appear as a result of both natural and anthropogenic processes, they must be interpreted with a degree of caution. In this case, it may be argued that the crushing and pitting damage present on the archaeological samples is a result of their use as tools, as the experimental samples ORI05, ORI06 and ELS08, prior to being subjected to two hours of experimental crushing, did not show

any signs of crushing, pitting or fracturing whatsoever. If the damage patterns on the Cerro de la Mina samples were in fact natural, one would expect similar forms of damage to be present on the surfaces of samples collected from nearby outcrops, but this is not the case. Since the crushing and pitting on both experimentally damaged surfaces and archaeological samples are so similar, it can be concluded with a reasonable degree of certainty that the Cerro de la Mina tools were used in crushing activities.

In terms of the metric data gathered from macroscopic analysis, the dimensions and masses recorded for the Cerro de la Mina specimens further strengthen the argument that we are dealing with crushing implements. In a recent study of Early Bronze Age cobble-stone mining tools (Timberlake, Craddock 2013: 45), crushing implements are considered to measure between 8 cm and 20 cm, and to weigh up to 1.5 kg at the heavier end of the scale. CER13, CER14 and CER15, weighing 858.7 g, 962.8 g and 1565.6 g respectively, and measuring 120.5 mm, 124.9 mm and 145.5 mm, fit neatly into this category. While one may question the applicability of this study for comparative purposes in the present case, given that it is concerned with cobble-stone tools from British mining sites, it is worth emphasising the universal nature of this kind of technology and the validity of making comparisons between different archaeological cultures within this context (Timberlake, Craddock 2013: 52).

Turning now to the 3D morphometric data, one of the two sets of Mann-Whitney U tests proved not to constitute a reliable method for differentiating between natural and anthropogenic damage in this case, while the other supports the hypothesis that the rocks from Cerro de la Mina are crushing tools. The first test involved a comparison between red polygon volumes, and while significant differences were found between ORI05 (Post-Crushing) and CER13 (P-Value: 0.0271), and ORI06 (Post-Crushing) and CER14 (P-Value: 0.02202), the fact that it failed in two out of three instances to differentiate between the pre- and post-crushing experimental surfaces demonstrates that this cannot be taken as an indication that the damage patterns present on CER13 and CER14 are natural (Table 2).

In contrast, the second set of Mann-Whitney U tests, which involved a comparison between red and blue polygon volumes on the same surface of each specimen, found a strong pattern, in that pre-crushing experimental surfaces consistently showed significant differences between red and blue polygons, while post-crushing surfaces found no significant differences in three out of three cases. Since this test appears to be able to differentiate between natural and experimentally damaged surfaces, the results obtained for CER13, CER14 and CER15 can be taken as reliable indicators. Of these samples, CER14 and CER15 were found to have no significant difference between their red and blue polygon volumes (P-Value: 0.63122 and P-Value: 0.88866 respectively), which indicates their similarity to the experimentally crushed surfaces. Only CER13 was found to have a significant difference between red and blue polygon volumes (P-Value: 0.00012). Consequently, it may be the case that the polygons selected for analysis on CER13 represent natural damage (Table 3).

Discussion

As will be apparent, despite the very small sample size, the analyses undertaken in this study provide proof of concept that the approach outlined in section 2 allows to differentiate between natural abrasion and anthropogenic use-wear. They also strongly support the notion that the metabasite cobbles from Cerro de la Mina were used as crushing tools. This is reinforced by several other arguments. Firstly, it must be emphasised that the archaeological samples analysed in this study, as well as the other metabasite cobbles recorded uphill from the outcrop at the foot of Cerro de la Mina, could not have arrived at the site by natural processes. They had to have been brought there as a result of human agency and therefore for a particular purpose. Secondly, it is worth remembering the quartzite chisel and three anvil slabs found during the 2010 to 2011 survey work (Brandherm *et al.* 2014: 124), as they indicate that ore crushing, and possibly some small-scale

mining, were taking place at the site. Finally, Cerro de la Mina is located in the vicinity of the only significant copper ore deposit in the Sierra de Orihuela (López 2014: 88). It is very difficult to imagine that the inhabitants of this El Argar settlement would not have exploited whatever resources were available to them, especially one so valuable as copper, in the context of a society where inequalities in wealth and status were arguably related to metallurgical production and the possession of finished metal objects (Aranda *et al.* 2015).

Further support that we are dealing with ore crushing tools can be found in the similarities between the Cerro de la Mina implements and those discovered recently at the Chalcolithic mine of Cerro Minado (Huércal-Overa, Almería). From an assemblage of 44 different items, six percussive tools were uncovered that are considered to have been used in the process of ore beneficiation for separating the gangue from the mineral (Delgado-Raack *et al.* 2014: 27; Escanilla, Delgado-Raack 2015: 85–88). These tools are also metabasite cobbles that mostly show no signs of modification, being used in an *ad hoc* manner, and which had also been overlooked until recently, in spite of several earlier prospections at the site in the 1980s and 1990s (Delgado-Raack *et al.* 2014: 14, 26 tab. 2). In addition, the average weight of these percussive/crushing tools is 1456 g, within the same range as those from Cerro de la Mina and also in line with what one would expect for crushing implements and smaller hammerstones more generally (cf. Timberlake, Craddock 2013; Delgado-Raack *et al.* 2014: 23–27).

Recent research into prehistoric mining tools at Palazuelo de las Cuevas (Zamora) and Pico Centeno (Huelva) has demonstrated that they were often multi-functional and, crucially, often took advantage of the natural morphology of the raw material itself (Villalobos, Odriozola 2016). The relevant study examined areas on specific tools containing modifications or use-wear, referred to as ‘techno-functional units’, as separate entities, thus avoiding the categorisation of tools based on a single function and instead allowing their multi-functional and dynamic nature to be emphasised. Under this scheme (Villalobos, Odriozola 2016: 85), the implements from Cerro de la Mina would be classified as follows: CT/n/pl.; that is, ‘transformative contact’ (i.e. the crushing surface), ‘natural’ and ‘flat’. Of the assemblages analysed from Palazuelo de las Cuevas and Pico Centeno, it is with the latter that the tools from Cerro de la Mina have the most affinity, in that they are of a similar average weight (approx. 1000 g), most of them seem to be designed for a single specific task, and they were used in small-scale mining and/or ore-crushing operations (Villalobos, Odriozola 2016: 94).

Finally, the presence of copper ore crushing tools at Cerro de la Mina raises questions about the nature of the site itself. Unfortunately, it has never been systematically excavated, with the only interventions being non-scientific and illegal looting (López 2014: 88), and so any assessment of the site’s purpose will necessarily be conjectural. Nevertheless, as pointed out by Brandherm *et al.* (2013: 117), we are likely dealing with a small settlement or work camp involved in the processing of copper ore which had been extracted nearby, since the tool assemblage present on the surface of the site does not cover the full range required by large-scale ore extraction. That said, it could be argued that small scale mining was carried out here, given the presence of a quartzite chisel and the possibility that excavation of the site might uncover other mining implements, such as grooved mining hammers. Excavation would also provide the only means of establishing a secure chronological context for the metabasite tools from this site, so far only recorded as surface finds.

Conclusion

The research presented in this paper contributes to a growing number of investigations, such as that by Caruana *et al.* (2014), which show that it is possible to quantify damage patterns present on lithic objects using geomatic techniques. These techniques, when combined with other methods in a multi-layered approach, also allow differences between natural abrasion and anthropogenic use-wear generated as a result of percussive activities to be identified. It is important to emphasise that

the 3D morphometric methods applied in this study are completely dependent upon a comparison between, on the one hand, naturally abraded surfaces and, on the other, those presenting damage known to be anthropogenic in origin as a result of experimentation. This is due to the fact that the formation and morphology of use-wear patterns on macro-lithic tools depends not only on the raw material itself, but also on the kind of activity undertaken (Dubreuil *et al.* 2015). The variation in morphology which results from these factors has a direct impact on variables generated through 3D morphometric analysis, such as polygon volume, area, perimeter, etc. Therefore, it is also necessary to devise adequate methods of testing the data. In this case, the application of Mann-Whitney U tests to compare the significance of red to blue polygon volumes on each surface has shown clear differences between natural and archaeological specimens.

The evidence generated by this method, together with a detailed macroscopic analysis of experimental and archaeological samples, has enabled the status of the metabasite cobbles strewn throughout the Bronze Age settlement of Cerro de la Mina to be clarified. To refer back to the research question put forward at the beginning, it seems highly likely that they were in fact used to crush copper ore in the Early or Middle Bronze Age. The confirmation of these *ad hoc* implements as crushing tools has also raised questions about the nature of the settlement itself, and while no definitive answers can be given until the site is scientifically excavated, it may be that we are looking at a small mining and ore processing camp similar to that found at La Loma de la Tejería in Teruel (Montero, de la Esperanza 2008).

Since the identification of the Cerro de la Mina tools only provides indirect evidence of copper ore extraction and processing, the general lack of direct evidence for these activities in the Southeast during the El Argar period remains a problem. Apart from the aforementioned extraction site of Cerro Minado, the only other prehistoric copper mines currently identified in the southeastern provinces of Almería, Murcia and Alicante are Filón Consuelo (Cartagena, Murcia) and Balsicas (Mazarrón, Murcia), all of which have been attributed to the Chalcolithic (Escanilla, Delgado-Raack 2015). Given that so far only Cerro Minado has produced any reliable dating evidence at all – in the form of a small number of diagnostic pottery fragments and a radiocarbon date from one of the spoil heaps (Delgado-Raack *et al.* 2014: 30) – the possibility of Bronze Age mining activity at these sites should perhaps not be ruled out prematurely. This is also underlined by the presence of El Argar pottery fragments at some presumably prehistoric trial works in the southern reaches of the Sierra Espuña, about 40 miles to the southwest of Cerro de la Mina (Bellón Aguilera, Martínez Martínez 2015: 67–68).

In any case, it is hoped that the geochemical analyses currently being carried out on the Cerro de la Mina specimens and on the samples collected from the three nearby metabasite outcrops will enable the provenancing of the artefacts to a specific location, which would in turn shed light on the strategies adopted in exploiting local resources during the El Argar period in the Lower Segura Valley.

Acknowledgements

The authors would like to thank A. Maass (Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege) for his invaluable help in the field survey underpinning this study, L. Boutoille (Queen's University Belfast) for her assistance with the 3D scanning of the metabasite cobbles forming the subject of this study, and T. Kahlert (Queen's University Belfast) for his help with the project GIS.

Bibliography

ADAMS, J. L. (2013) – Ground stone use-wear analysis: a review of terminology and experimental methods. *Journal of Archaeological Science* 48, pp. 129–138

- ANDREFSKY, W. (2005) – *Lithics: Macroscopic Approaches to Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press
- ARANDA JIMÉNEZ, G.; MONTÓN SUBÍAS, S.; SÁNCHEZ ROMERO, M. (2015) – *The Archaeology of Bronze Age Iberia: Argaric Societies*. New York: Routledge
- ARBOLEDAS MARTÍNEZ, L.; CONTRERAS CORTÉS, F. (2010) – Mina del polígono o Contraminas (Baños de la Encina, Jaén). Evidencias de la explotación de mineral de cobre en la antigüedad. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada* 20, pp. 355–379
- ARBOLEDAS MARTÍNEZ, L.; ALARCÓN GARCÍA, E.; CONTRERAS CORTÉS, F.; MORENO ORONATO, A.; PADILLA FERNÁNDEZ, J. J. (2015) – La mina de José Martín Palacios-Doña Eva (Baños de la Encina, Jaén): la primera explotación minera de la Edad del Bronce documentada en el sureste de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria* 72 (1), pp. 158–175
- BARTELHEIM, M. (2007). – *Die Rolle der Metallurgie in vorgeschichtlichen Gesellschaften. Sozioökonomische und kulturhistorische Aspekte der Ressourcennutzung. Ein Vergleich zwischen Andalusien, Zypern und dem Nordalpenraum*. Rahden/Westf.: Verlag Marie Leidorf (Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft 2)
- BELLÓN AGUILERA, J.; MARTÍNEZ MARTÍNEZ, C. (2015) – Arqueominería en las Sierras de Totana (Murcia). In LÓPEZ BALLESTA, J. M. (ed.) – *Phicaria. III Encuentros Internacionales del Mediterráneo: Minería y metalurgia en el mediterráneo y su periferia oceánica*. Mazarrón: Universidad Popular de Mazarrón, pp. 64–75
- BLAS-CORTINA, M. (1996) – La minería prehistórica y el caso particular de las explotaciones cupríferas de la Sierra del Aramo. *Gallaecia* 14, pp. 167–195
- BRANDHERM, D. (1996) – Zur Nordprovinz der El Argar-Kultur. *Madridrer Mitteilungen* 37, pp. 27–59
- BRANDHERM, D. (2009) – The social context of Early Bronze Age metalworking in Iberia: evidence from the burial record. In KIENLIN, T.; ROBERTS, B. (eds.) – *Metals and Societies. Studies in honour of Barbara S. Ottaway*. Bonn: Habelt, pp. 172–180 (Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 169)
- BRANDHERM, D.; MAASS, A.; DIZ ARDID, E. (2013) – Multi-period mining remains from the Sierra de Orihuela (Alicante, SE Spain). In *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies – Proceedings for the 2nd Mining in European History Conference of the FZ HiMAT 7.–10. November (2012)*. Innsbruck: Universitätsverlag Innsbruck, pp. 115–119
- BRANDHERM, D.; MAASS, A.; MÜLLER-KISSING, M.; DIZ ARDID, E. (2014) – Prospecciones arqueomineras en la Sierra de Orihuela. In DIZ ARDID, E. (ed.) – *Orihuela: Arqueología y Museo. Museos Municipales en el MARQ*. Alicante: Museo Arqueológico de Alicante
- BRANDHERM, D.; MONTERO RUIZ, I.; MÜLLER-KISSING, M.; MAAS, A. (2022) – Copper supply networks in the Early Bronze Age of south-east Spain: new evidence from the Lower Segura Valley. *Interdisciplinaria Archaeologica* 13 (2), pp. 129–141
- CARUANA, M. V.; CARVALHO, S.; BRAUN, R. D.; PRESNYAKOVA, D.; HASLAM, M.; ARCHER, W.; BOBE, R.; HARRIS, J. W. K. (2014) – Quantifying traces of tool use: a novel morphometric analysis of damage patterns on percussive tools. *PLoS One* 9 (11) [on-line]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113856> (accessed 30 June 2016)
- CHAPMAN, R. (2008) – Producing Inequalities: Regional Sequences in Later Prehistoric Southern Spain. *Journal of World Prehistory* 21, pp. 195–260
- DELGADO-RAACK, S.; ESCANILLA ARTIGAS, N.; RISCH, R. (2014) – Mazas ocultas. Rastros de minería prehistórica en el Cerro Minado de Huércal-Overa (Almería). *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada* 24, pp. 13–44
- DUBREUIL, L.; SAVAGE, D. (2014) – Ground stones: a synthesis of the use-wear approach. *Journal of Archaeological Science* 48, pp. 139–153
- DUBREUIL, L.; SAVAGE, D.; DELGADO-RAACK, S.; PLISSON, H.; STEPHENSON, B.; TORRE, I. de la (2015) – Current analytical frameworks for studies of use-wear on ground stone tools. In MANUEL MARREIROS, J., GIBAJA BAO, J.; FERREIRA BICHO, N. (eds.) – *Use-Wear and Residue Analysis in Archaeology*. Berlin: Springer, pp. 105–158
- ESCANILLA ARTIGAS, N. (2016) – *Recursos minerales de cobre y su explotación prehistórica en el sudeste peninsular. El valle del Guadalentín* [unpublished PhD thesis]. <http://hdl.handle.net/10803/399293> (accessed 12 March 2021)

- ESCANILLA ARTIGAS, N.; DELGADO-RAACK, S. (2015) – Minería prehistórica de cobre (3100–1550 cal ANE) en el Levante Murciano. In LÓPEZ BALLESTA, J. M. (ed.) – *Phicaria. III Encuentros Internacionales del Mediterráneo: Minería y metalurgia en el mediterráneo y su periferia oceánica*. Mazarrón: Universidad Popular de Mazarrón, pp. 77–99
- GILMAN, A. (2014) – ¿Estados en la Prehistoria del sur peninsular? In GARCÍA ALONSO, E. (ed.) – *Movilidad, contacto y cambio. II Congreso de Prehistoria de Andalucía, Antequera, 15, 16 y 17 de febrero de 2012*. Sevilla: Junta de Andalucía, pp. 21–32
- HERNÁNDEZ PÉREZ, M. S. (2010) – El Argar en Alicante, Breve historia de un centenario. In HERNÁNDEZ PÉREZ, M. S.; SOLER DÍAZ, A. J.; LÓPEZ PADILLA, J. A. (eds.) – *En los confines del Argar: una cultura de la Edad del Bronce en Alicante en el centenario de Julio Furgús*. Alicante: Museo Arqueológico de Alicante, pp. 14–25
- JIMÉNEZ LORENTE, S.; AYALA JUAN, M. M.; NAVARRO HERVÁS, F. (1999) – Rambla Salada (Santomera, Murcia). Segunda campaña de prospecciones arqueológicas. *Memorias de Arqueología* 14, pp. 599–606
- LÓPEZ PADILLA, J. A.; JOVER MAESTRE, F. J.; MARTÍNEZ MONLEÓN, S. (2014) – San Antón y los orígenes de la Edad del Bronce en el sur de Alicante. In DIZ ARDID, E. (ed.) – *Orihuela: Arqueología y Museo. Museos Municipales en el MARQ*. Alicante: Museo Arqueológico de Alicante, pp. 80–103
- LULL, V. (1983) – *La Cultura del Argar: un modelo para el estudio de las formaciones económico-sociales prehistóricas*. Madrid: Akal
- LULL, V.; MICÓ, R.; RIHUETE HERRADA, C.; RISCH, R. (2010) – Metal and social relations of production in the 3rd and 2nd millennia BCE in the southeast of the Iberian Peninsula. *Trabajos de Prehistoria* 67 (2), pp. 323–347
- LULL, V.; MICÓ, R.; RIHUETE HERRADA, C.; RISCH, R. (2011) – El Argar and the beginning of class society in the western Mediterranean. In HANSEN, S.; MÜLLER, J. (eds.) – *Sozialarchäologische Perspektiven: Gesellschaftlicher Wandel 5000–1500 v. Chr. zwischen Atlantik und Kaukasus*. Darmstadt: Philipp von Zabern, pp. 381–414 (*Archäologie in Eurasien* 24)
- LULL, V.; MICÓ, R.; RIHUETE HERRADA, C.; RISCH, R. (2013) – Bronze Age Iberia. In FOKKENS, H.; HARDING, A. (eds.) – *The Oxford Handbook of the European Bronze Age*. Oxford: Oxford University Press, pp. 594–616
- MAASS, M. (2005) – Quelques réflexions concernant les structures minières chalcolithiques de la région de Cabrières: actes du colloque international, Carcassonne, 28–30 septembre 2002. In AMBERT, P.; VAQUER, J. (eds.), *La première métallurgie en France et dans les pays limitrophes*. Paris: SPF, pp. 63–70 (*Mémoires de la Société préhistorique française* 37)
- MAGNANI, M. (2014) – Three-dimensional alternatives to lithic illustration. *Advances in Archaeological Practice* 2 (4), pp. 285–297
- MARTÍNEZ MARTÍNEZ, C.; BELLÓN AGUILERA, J. (2011) – Prospección arqueominera en Totana (Murcia): avance preliminar. In MATA-PERELLÓ, J. M. (ed.) – *Valorización de elementos geomineros en el contexto de los geoparques. Actas del XII Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero – 16ª sesión científica de la SEDPGYM, Boltaña (Huesca, España), 29 de septiembre–2 de octubre 2011*. La Pobl de Segur: SEDPGYM, pp. 85–98
- MONTENAT, C.; RONDEEL, H. E.; SIMON, O. J.; WINKOOP, A. A.; KAMPSCHUUR, W. (1972) – *Mapa geológico de España, escala 1:50.000. Hoja 913, Orihuela, 2ª serie*. Madrid: IGME
- MONTERO RUIZ, I.; RODRÍGUEZ ESPERANZA, M. J. de la. (2008) – Un pequeño campamento minero de la Edad del Bronce: La Loma de la Tejería (Albarracín, Teruel). *Trabajos de Prehistoria* 65 (1), pp. 155–168
- MONTERO RUIZ, I.; MURILLO-BARROSO, M. (2010) – La producción metalúrgica en las sociedades argáricas y sus implicaciones sociales: una propuesta de investigación. *Menga* 1, pp. 37–51
- MURILLO-BARROSO, M.; MONTERO RUIZ, I.; ARANDA JIMÉNEZ, G. (2015) – An insight into the organisation of metal production in the Argaric society. *Journal of Archaeological Science – Reports* 2, pp. 141–155
- O'BRIEN, W. (2015) – *Prehistoric Copper Mining in Europe: 5500–500 BC*. Oxford: Oxford University Press
- SIMÓN GARCÍA, J. L. (2002) – Minería y metalurgia durante la Edad del Bronce en la Cuenca del Vinalopó (Alicante). In MATA-PERELLÓ, J. M.; GONZÁLEZ, J.-R. (eds.) – *Primer Simposio sobre la Minería y la Metalurgia Antigua en el SW Europeo, Serós (Segria, Catalunya, España) del 5 al 7 de mayo del 2000*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, pp. 169–181

- SIRET, E.; SIRET, L. (1890) – *Las primeras edades del metal en el sudeste de España*. Barcelona.
- TIMBERLAKE, S.; CRADDOCK, B. (2013) – Prehistoric metal mining in Britain: the study of cobble stone mining tools based on artefact study, ethnography, and experimentation. *Chungara* 45 (1), pp. 33–59
- VILLALOBOS GARCÍA, R.; ODRIOZOLA LLORET, P. C. (2016) – Las herramientas prehistóricas de las Minas de Variscita de Palazuelo de las Cuevas (Zamora) y Pico Centeno (Huelva). Análisis comparativo. *Zephyrus* 77, pp. 79–98

Minimum Tools Required: A system for organising the metalsmith's workshop

E. Giovanna Fregni

Abstract

In Britain there is little evidence for actual metalworking from Bronze Age contexts and only a fraction of the tools necessary to make metal objects have been recovered. To understand what would constitute a suite of materials and tools necessary for a Bronze Age metalworker's toolkit, an inventory was made of known metalworking tools from the archaeological record. This was cross-referenced to the tools and materials used in both modern workshops and ethnographic settings. This catalogue, along with an understanding of the chaîne opératoire for creating metal objects, provides the components for establishing a system that will yield a clearer image of the organisation of the metalsmith's workshop.

Keywords

BRONZE AGE, METALWORKER, TOOLS, GREAT BRITAIN, CHAÎNE OPÉRATOIRE

Résumé

En Grande Bretagne, il y a peu d'indices concernant la métallurgie des contextes de l'Âge du Bronze, et seule une fraction des outils nécessaires pour fabriquer les objets métalliques a été récupérée. Afin de comprendre en quoi consisterait l'assortiment de matériaux et instruments qui auraient été nécessaires dans la boîte à outils d'un forgeron de l'Âge du Bronze, un inventaire des outils métallurgiques connus dans l'enregistrement archéologique a été compilé. Il a été comparé aux outils et matériaux utilisés dans les ateliers modernes et ethnographiques. Ce catalogue, complété par une connaissance de la chaîne opératoire pour créer des objets métalliques, peut fournir les composants pour établir un système afin de préciser l'organisation de l'atelier du forgeron.

Mots clés

ÂGE DU BRONZE, MÉTALLURGISTE, OUTILS, GRANDE BRETAGNE, CHAÎNE OPÉRATOIRE

Introduction: Why organisation is necessary

This chapter aims to introduce an expanded system of the *chaîne opératoire* of metalsmithing that will enable archaeologists who are unfamiliar with metalworking processes to both recognise tools in the archaeological record, to infer tools that are missing, and be able to recognise various metalsmithing tasks based on tools and materials found in hoards. This system is designed to cross-reference metalworking tools with tasks to yield a clearer image of the organisation of the metalsmith's craft. It can provide a means to assess and interpret assemblages and aid in understanding the kind and the number of tools and materials that were a necessary part of the Bronze Age metalsmithing toolkit.

Combined with the principles of chaîne opératoire and supported by experimental work, the systematic organisation of the metalsmithing toolkit has been useful for recognising tools that are missing in the archaeological record, thus providing a more complete understanding of how the metalsmith's craft was organised in antiquity. This system could also be used to identify tools that are missing from an assemblage, or that have been misidentified. Since the presence of specialised metalsmithing tools infers a purpose and specific tasks, their presence implies the possibility of other tools and materials that are associated with these tasks. This system can also be used in reverse since the existence of a finished metal object implies the tools used to create it (Fregni 2014).

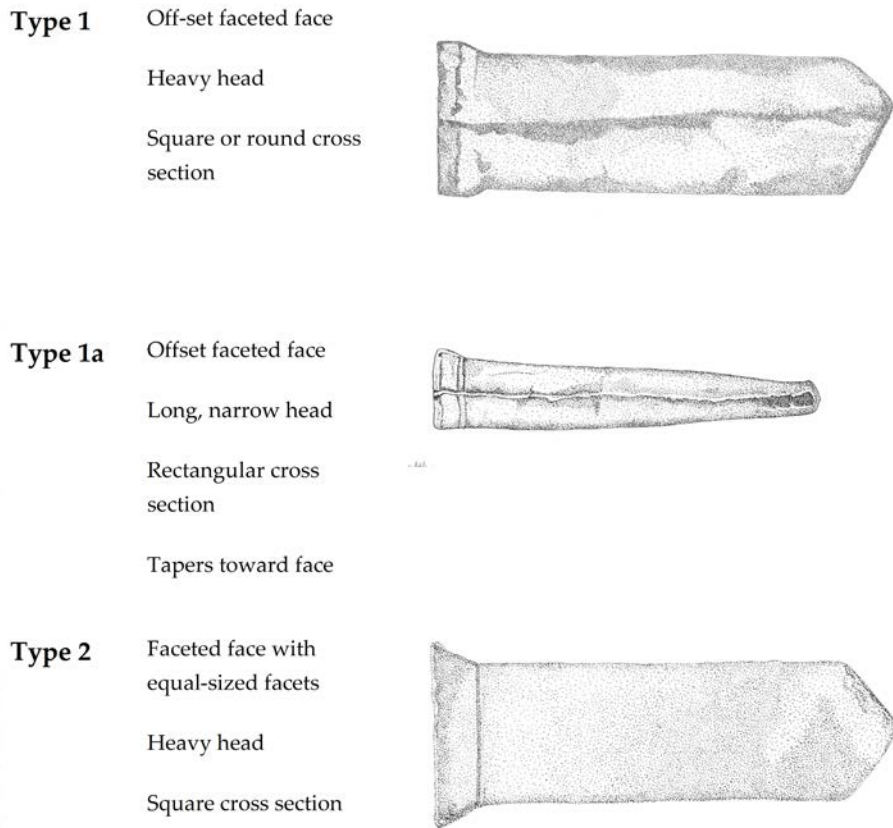


Figure 1. Hammer Types found in Late Bronze Age Britain

The method is also valuable to the experimental archaeologist who is interested in recreating Bronze Age metalsmithing using preindustrial techniques and materials. By examining objects and tools from the archaeological record and understanding basic metalsmithing procedures, the experimenter can replicate a Bronze Age tool kit as closely as possible to conduct experiments. The awareness of the range of metalworking tools and their purpose can bring about a greater understanding of the processes of metalworking in the Bronze Age and aid in the interpretation of assemblages.

The original research is based on tools found in Britain and Ireland in the Late Bronze Age; however, by recognising the various metalsmithing techniques, it can be used for all non-ferrous assemblages, regardless of the temporal or spatial context. In addition, this system can aid in the interpretation of founders' hoards and other metalworking assemblages.

The evidence of metalsmithing tools used in Late Bronze Age Britain

Tools do not follow an evolutionary process from simple to complex, but instead, they are designed to fulfill a specific function. When new techniques are developed tools are created or adapted to fulfil a task so that they perform efficiently and ergonomically. When a technique falls out of use the tool will disappear. This is illustrated in the changes seen in hammers over time. Large heavy hammers were used to strike other objects, such as a stone maul used to strike an antler pick. With the development of metalworking, a wider variety of hammers became possible. While hammers with wider faces were still used to strike other tools, hammers with wedge-shaped faces were found to be useful for exploiting the ductility of metals such as copper, gold, and bronze. More types and sizes of hammers developed as new metalworking techniques were explored (Fregni 2014).

Socketed hammers are the most frequent metalsmithing tools found in Late Bronze Age contexts in Britain. It can be seen from the difference in the faces that these tools have been adapted for specific tasks, such as forging, forming sheet metal objects, and riveting. In modern industry, hand tools have been replaced by mechanised machinery, however, these hammers all had modern equivalents in the time when sheet metal objects were made by hand. However similar tools are still found in art-metal and jewellery workshops, and modern blacksmiths still manufacture hammers for the specialist trade (Untracht 1968).

The most popular type of hammer found in Britain corresponds to a type that could have been used for sharpening axes, forming sheet metal, used with chisels for decoration or cutting sheet metal, and other tasks that require a heavy tool with a broad face. The hammer is aided by having a balance that is heavier towards the front of the tool with additional weight provided by the handle. These hammers with wide faces are designed for work that the smith does not need to see while hammering (Untracht 1968). A wide face helps form metal more quickly and it can be used to strike the end of a tool, such as a chisel without the need to aim the hammer, thus allowing the smith to concentrate on guiding the chisel.

The hammer shown in Figure 1 (Type 1) provides a flat working surface and facet of the face can be used. The hammer at the bottom of the illustration (Type 2) has a peaked face like modern forging hammers and could have been used for hammering ingots into sheets. Small, slender hammers are good for making ornaments and for riveting. These hammers allow the smith to see details while working, such as spreading rivet heads or forging fine metal ornaments. Modern riveting hammers have a narrow head with a peaked face that resembles the type of Bronze Age hammer seen in Figure 1 (Type 1a).

In addition to hammers, there are also anvils and other tools that have been recovered from Late Bronze Age contexts. Ehrenberg (1981) created a typology that recognised three types of anvils: Simple, beaked, and complex. The beaked or horned anvils are like modern jewellers' anvils that are small enough to be held in the hand. The complex anvils often include small grooves that could be used as a swage for forming half-round wire that would be similar to the wire that was included in the Donhead St. Mary's Hoard from Salisbury (Passmore 1931).

Chisels have also been put into typologies, but they are difficult to categorise because they are quickly modified through use and constant sharpening. A further difficulty in defining chisels stems from their use for a variety of purposes including metalworking, woodworking, leather, or other crafts. Other metalworking tools are rare and are represented in Britain by single examples, such as tongs from the Heathery Burn Hoard, or the vice from the Bishopsland Hoard.

The missing tools: How can we tell what's not there?

Tools are instrumental in understanding the craft of the metalworker. Recognising specialised tools and how they are used can provide a glimpse into the early metalworking techniques of Bronze Age smiths, yielding a better understanding of the craft and how it was practised.

If a metal object existed in the Bronze Age, then the tools and materials that were necessary to make them must also have existed. Knowledge of the chaîne opératoire of metalsmithing is invaluable in order to identify metalsmithing tools and also to recognise what tools are missing. No complete toolkits have yet been recovered from Bronze Age contexts in Britain, although some hoards provide glimpses into the techniques and the necessary tools that would make up a toolkit.

Using a system developed by Oppi Untracht that categorised tools according to basic functions (Figure 2), the known Bronze Age metalsmithing tools were organised into categories. These categories divide them into tools used to strike another tool, tools that are struck, and tools that

Figure 2. Tools found in Bronze Age contexts

Type of tool	Examples found in Bronze Age assemblages
Striking or percussive impact tools	hammers
Indirect striking percussion tools	chisels, rivet setting tools, chasing tools
Compression tools	anvils, swages, drawplates
Holding tools	tongs, pliers tweezers, vices
Cutting tools	shears, saws, blades, punches
Metal removal tools	drills, gravers, scribes

compress, cut, or remove metal. The hammers, anvils, and chisels were readily included, but other necessary tools were missing, either because of deterioration or because they were recycled or discarded at the end of their useful life.

However, it is also possible that tools have been misidentified, or not recognised, such as one of the tools from the Lusmagh hoard that could possibly be a rivet snap (Figure 3). A rivet snap is necessary to hold the head of the rivet in place while hammering the other end of the rivet. While this is one interpretation of the object in Figure 2, it does highlight the number of tools missing from the archaeological record. Rivets, riveted cauldrons, and hammers that could function as riveting hammers are present in Bronze Age Britain and it follows that the other tools necessary for riveting would also have existed. In addition to a rivet snap, a tool known as a rivet set is also needed. A rivet set is a hollow tube that fits over the end of the rivet and is used to compress the layers of metal to create a tighter fit. A rivet set is a simple tool that would not be recognised unless someone was looking for a particular missing piece in an assemblage that had other tools related to riveting. As can be seen from the list in Table 1 there are many tools that we would expect to see from Late Bronze Age assemblages but have not been recovered.

Organising metalworking as a craft and developing a system.

Unlike reductive processes such as working with stone, metalworking can involve both reductive and additive processes, and frequently tasks involve repetitions of sets of processes. Because of this a more complex model is needed for diagramming metalsmithing processes than is usually presented for activities traditionally described through a *chaîne opératoire*. The challenge is to create an accurate model for metalworking that incorporates its procedures, materials, and tools in a way that would be helpful to the archaeologist who is not familiar with the craft of metalworking. Such a system would provide archaeologists in the field and the lab a means for identifying more of the metalworking tools and materials, and to be able to interpret assemblages such as founders' hoards. This system would also aid in the interpretation of finished metal objects since the researcher would be able to have a better understanding of the processes involved in their manufacture.



Figure 3. Possible rivet snap, British Museum (photo by author © Trustees of the British Museum)

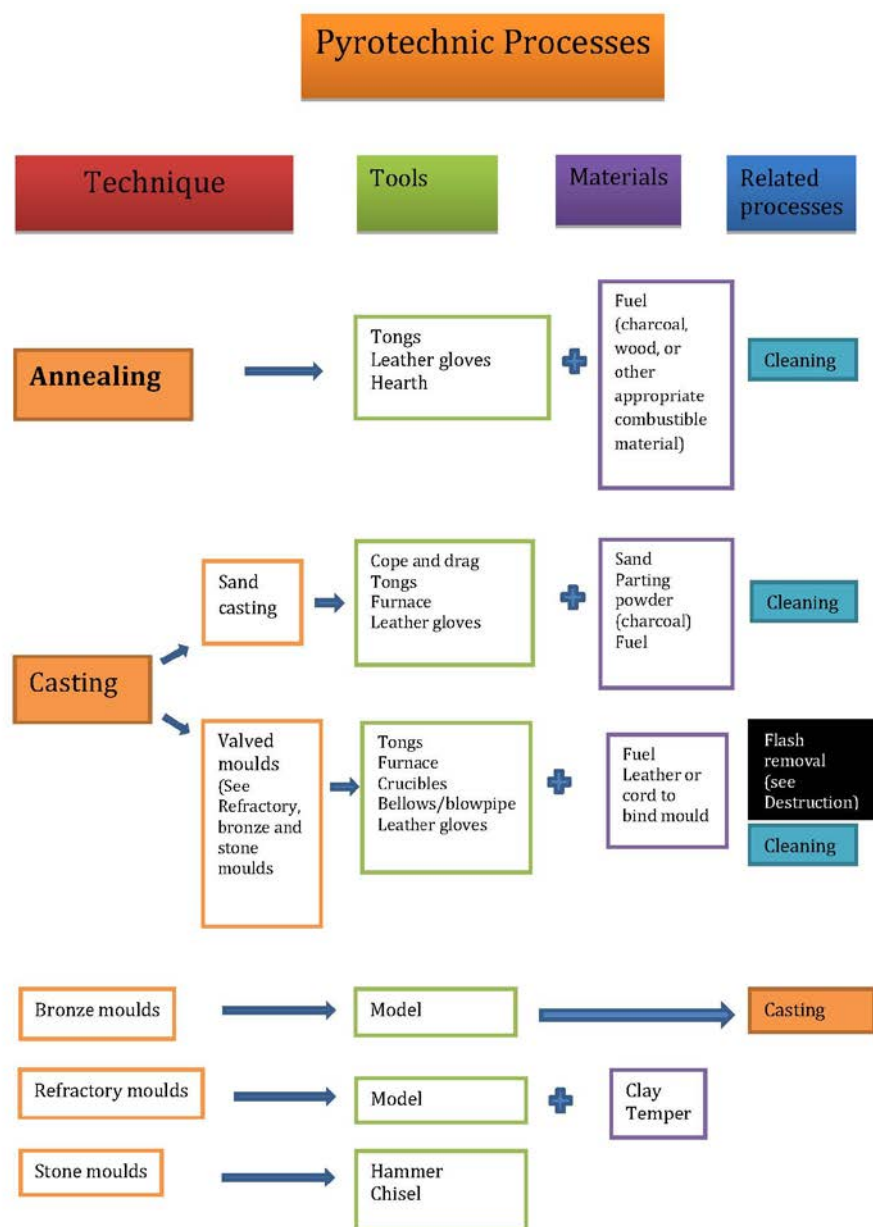


Figure 4. Flow chart of Pyrotechnic Processes

Minimum Tools Required: How the metalsmith's toolkit can be organised by task

The charts in the appendix are designed to introduce the processes of various metalworking tasks for those unfamiliar with metalsmithing. For example, if a fragment of sheet metal was found, the technique by which it was made would be either forging or rolling. Metallurgical analysis could confirm how the sheet metal was formed. However, if there were hammers found with the metal, it could be an indication that the sheet metal was forged. The methods for producing metal objects have been broken down and put into a flow chart that organises metalworking techniques, tools, materials, and related processes.

An example of how to use this system: Manufacturing a cauldron

Cauldrons provide an ideal example to illustrate the tools and materials in use during the Late Bronze Age. They have three primary techniques for their manufacture: (1) forging and forming

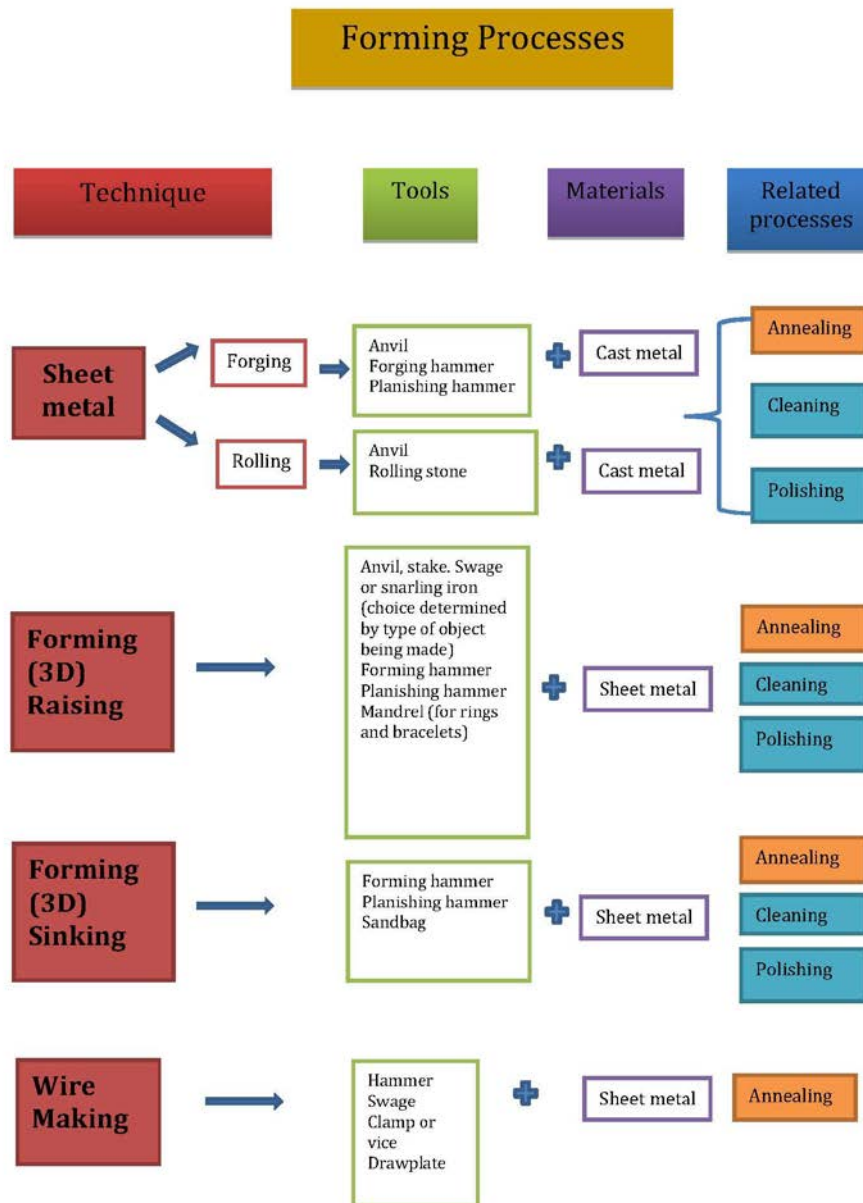


Figure 5. Flow chart of Forming Processes

sheet metal, (2) casting the lugs or rings, and the staples that hold the rings in place, and finally (3) all the various elements are joined together with rivets.

The initial processes for making a cauldron involve casting the lugs, rings, and rivets, but also casting ingots that will be hammered into sheet metal. The materials and supplies are found on the page for **Pyrotechnic Processes** (Figure 4). Looking on the page for pyrotechnical techniques it shows that the tools and materials needed include a hearth, tongs, and leather gloves. Since tongs can be made of wood, they and leather gloves would not survive in the archaeological record, however, they are necessary since the crucibles and heated metal cannot be held in bare hands. This example highlights the importance of recognising all aspects of the craft, not only because there might be an extremely rare event where these objects might be recovered, but also to recognise the crossover between crafts, in this case, leatherworking and woodworking.

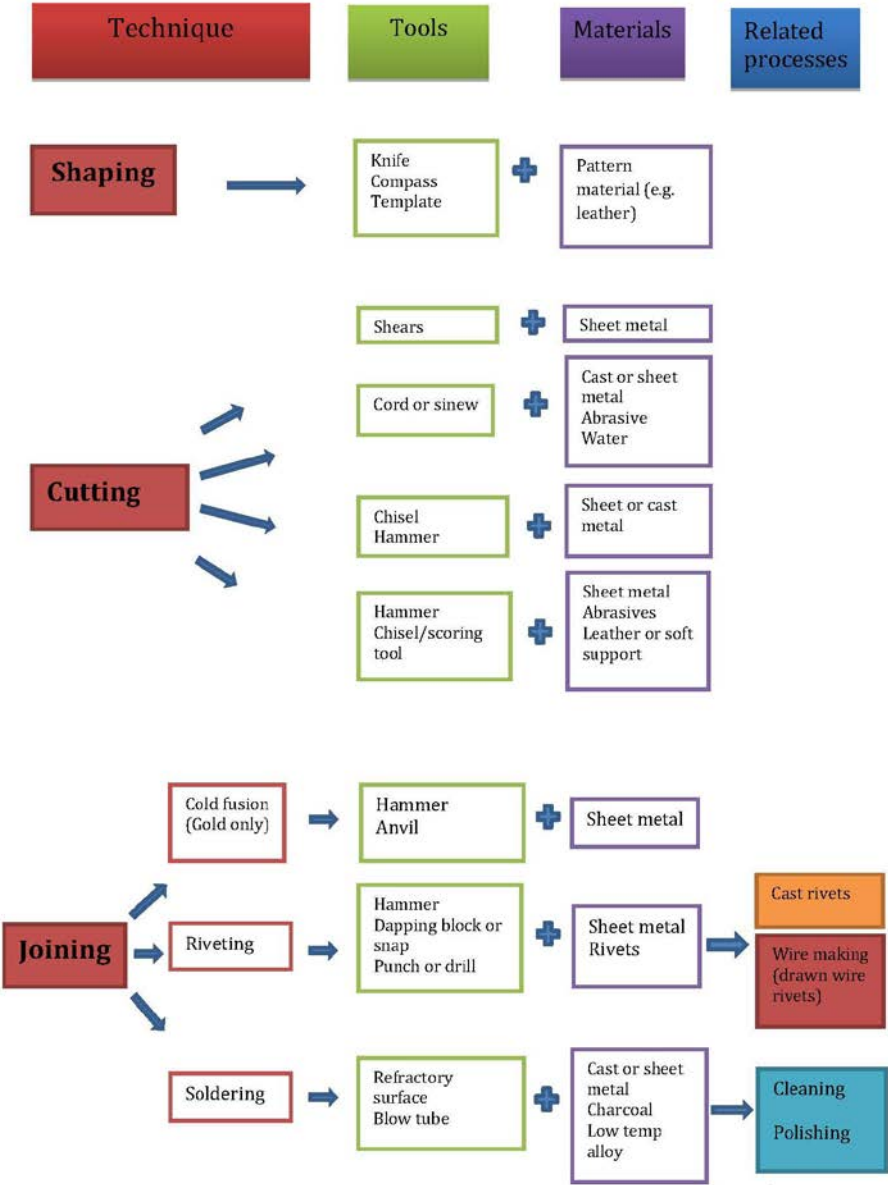


Figure 6. Flow chart of Joining Techniques

The next step is to forge the sheet metal. The details for this can be found on the page for the **Forming Process** (Figure 5). This technique requires cast metal ingots, anvil, and hammers. In order to forge and form sheet metal, the metal must be annealed to avoid cracking that is caused by metal fatigue. Annealing is found under **Pyrotechnic Processes** (Figure 4), this underscores the repetitive nature of metalworking, since the process requires heating the metal repeatedly until the forming processes are completed.

Once the various parts of the cauldron have been made, they must be assembled. The sheet metal elements of the cauldron need to be cut to size using hammers and chisels. They are then prepared for joining by having holes punched or drilled for the rivets. The tools and materials for this process are found under **Joining Techniques** (Figure 6). The sheets of metal are fit together, and the rivet is supported by either a dapping block or snap. The sheet metal is compressed by giving the rivet set a sharp blow and then the rivet is spread by using a hammer with a narrow-peaked face.

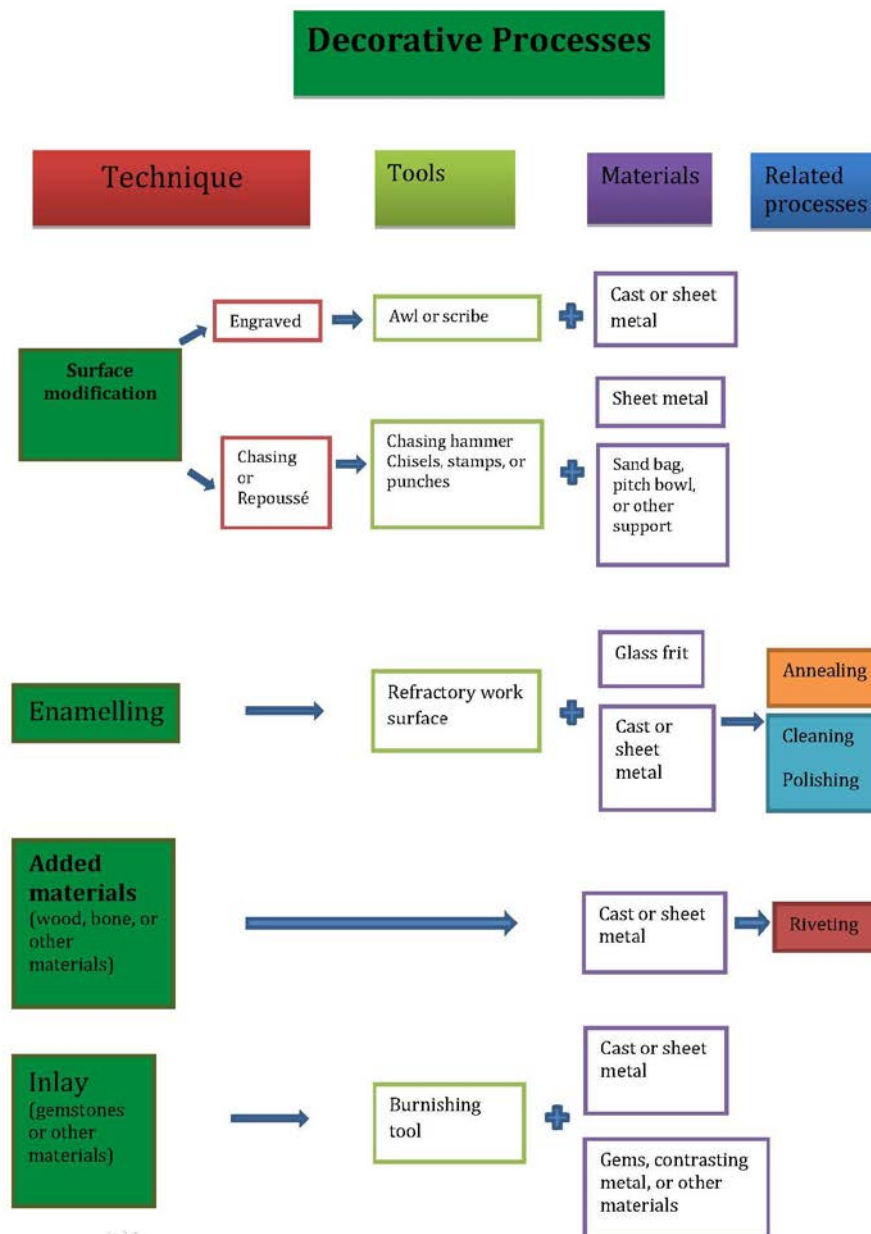


Figure 7. Flow chart of Decorative Processes

Once the cauldron is assembled, it can be decorated, cleaned, and polished before use. The materials and processes for this are found on the page describing **Decorative Processes** (Figure 7) and **Finishing Processes** (Figure 8). This is a brief example of how a systematic approach can be used to understand the tools and materials necessary for the creation of a Bronze Age metal object. By recognising the tools and materials found in an assemblage, those tools and materials that are missing are highlighted. Questions can then be directed as to why they are missing such as deterioration, recycling of materials, or if there was a difference in cultural significance between objects chosen for deposition and those that were omitted.

Using the system to interpret an assemblage

Returning to the example of the cauldron, the systematic examination of the tools and processes for manufacturing can be used to interpret an assemblage. The Gray's Thurrock Hoard from Essex contains three different hammers of types that could be used for sheet metal work. In addition, the

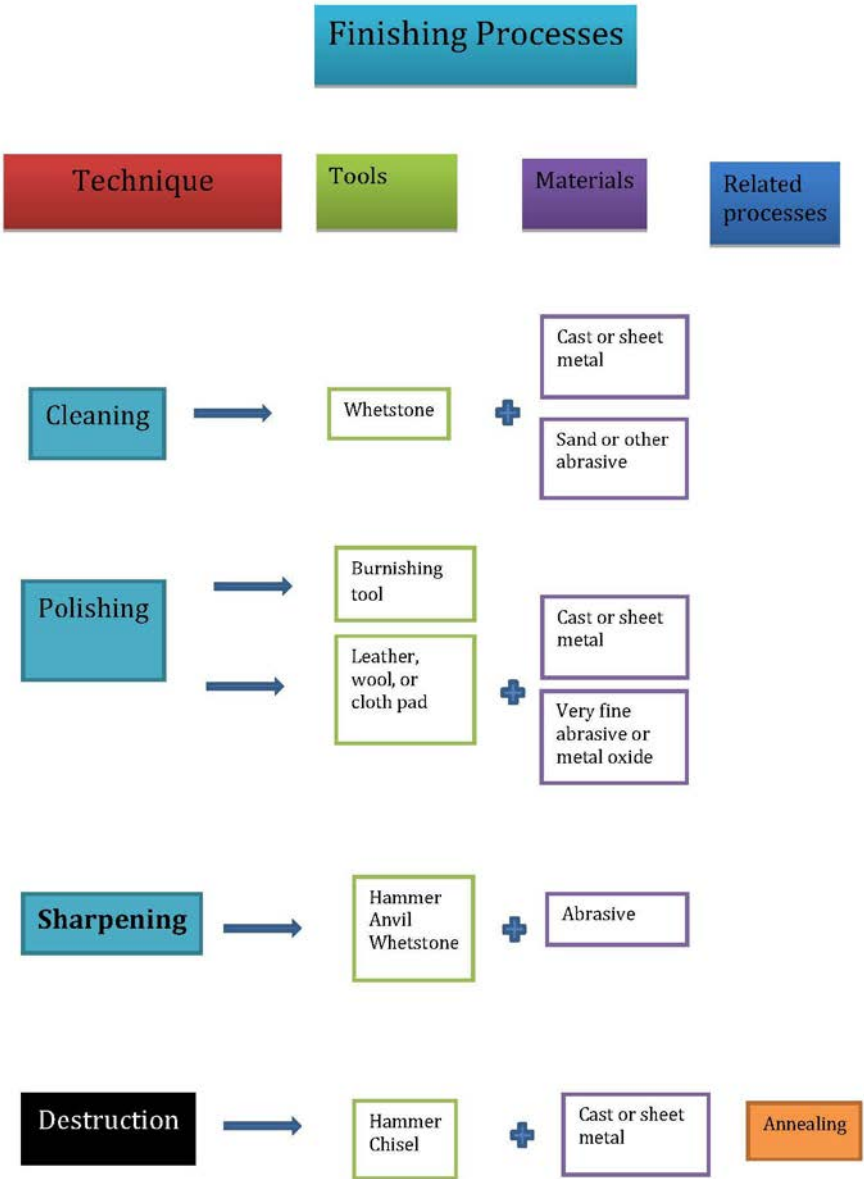


Figure 8. Flow chart of Finishing Processes

hoard contains casting debris, ingots, fragments of sheet metal, and fragments of a cauldron. The combination of these elements allows us to make a more specific interpretation of the hoard. Along with the hammers, there are fragments of seventy bronze ingots that weigh slightly over 14 kg, in addition to one fragment of an ingot of leaded bronze weighing about 6 grams. During this period in southeast Britain, a small percentage of lead was added to bronze alloys. This slightly lowers the melting temperature and enables the molten metal to flow more easily into complex moulds (Brown, Blin-Stoyle 1959; Tylecote 1968; Northover 1982; 1987). Alloys used for forming sheet metal do not include lead. The estimated sheet metal necessary to complete a Colchester-type cauldron would weigh 9.3 kg with an additional 0.2 kg for rivets (Gerloff 2010). If this is subtracted from the weight of the ingots in the Grays Thurrock hoard, the rings and staples could be cast from the remaining 4.5 kg of metal, including the leaded ingot. This weight would also include an allowance for the necessary casting jets. In essence, the metalworking assemblage of the Grays Thurrock Hoard could constitute the necessary tools and supplies for manufacturing a cauldron, along with the fragmented remains of a cauldron that had been destroyed.

Using this system to identify tools missing from an assemblage

As stated earlier, the presence of metal objects implies the tools and knowledge of the techniques used to manufacture them. Except for a few stray finds, all the metalsmithing tools found in Britain have come from hoards where specific tools were selected for inclusion (Fregni 2014). Because of this, there are missing links in the chaîne opératoire, as is seen in the example with the rivet set and snap. Some needed tools such as bellows or blowpipes are ephemeral; however, their existence is inferred because they are necessary for creating temperatures high enough for casting metal.

The presence of specialised tools implies the presence of other tools that would be part of the kit to complete different techniques. For example, to manufacture twisted torcs, such as the type found in the Taunton Workhouse Hoard a narrow-faced hammer, such as the type also found in the hoard would be needed. In addition, an anvil, preferably with a peaked top such as the two anvils in the Ashmolean Museum (1927 2051 and 1927 2322) or the anvil from the Lusmagh Hoard (British Museum 83 2-8 19). Thus, by systematically examining the metalworking tools and objects that make up a hoard, statements can be made about missing tools and materials.

Conclusion

This study sought to provide a system for those unfamiliar with metalsmithing practices to understand the tools and materials necessary for various metalworking tasks. This method does not intend to be exhaustive, providing an inventory of every type of tool that could have possibly been used in the Bronze Age. Rather it is intended to readily understand metalworking processes as represented by tools, materials, and metal objects found in the Bronze Age in Britain. Many tools such as hammers and chisels are easily identifiable. However, less familiar tools such as rivet snaps or swages could be part of museum collections as unidentified objects.

Organising the operations and identifying the tools and materials associated with the various tasks has been shown to be helpful to a wide range of scholars who are unfamiliar with metalworking practices. This includes archaeologists working in the field and museum curators who need to identify tools in museum collections. Moreover, by recognising tools, their functions, and how these fit into the sequences of metalworking practices, researchers will have a better understanding of the tools and materials found in metalworking assemblages that could lead to more knowledgeable interpretations.

References

- BROWN, M. A.; BLIN-STOYLE, A. E. (1959) – A sample analysis of British Middle and Late Bronze Age material, using optical spectrometry. *Proceedings of the Prehistoric Society* 25, pp. 188–208
- EHRENBERG, M. (1981) – The Anvils of Bronze Age Europe. *Society of the Antiquaries of London* 61 (1), pp. 14–28
- FREGNI, E.G. (2014) – *The Compleat Metalsmith: Craft and technology in the British Bronze Age* [Ph.D. thesis]. Sheffield: University of Sheffield [online] <http://etheses.whiterose.ac.uk/6479/>. (Accessed 19 October 2016)
- GERLOFF, S. (2010) – *Atlantic Cauldrons and Buckets of the Late Bronze and Early Iron Ages in Western Europe: With a review of comparable vessels from Central Europe and Italy*. Stuttgart: Steiner (Prähistorische Bronzefunde, II, 18)
- NORTHOVER, J. P. (1982) – The Metallurgy of the Wilburton Hoards. *Oxford Journal of Archaeology* 1, pp. 69–109
- NORTHOVER, J. P. (1987) – Non-ferrous metallurgy. In CUNLIFFE, B. (ed.) – *Hengistbury Head Volume 1: The Prehistoric and Roman Settlement, 3500 BC-AD 500*. Oxford: Oxford University Committee for Archaeology, pp.186–196 (Monograph 13)
- PASSMORE, A.D. (1931) – A hoard of bronze implements from Donhead St. Mary, and a stone mould from Bulford in Farnham Museum, Dorset. *Wiltshire Archaeological Magazine* 45, pp. 373–6

- TYLECOTE, R. F. (1962) - *Metallurgy in Archaeology: A prehistory of metallurgy in the British Isles*. London: Edward Arnold Ltd
- TYLECOTE, R. F. (1986) - *The Prehistory of Metallurgy in the British Isles*. London, The Institute of Metals
- UNTRACHT, O. (1968) - *Metal Techniques for Craftsmen*. London: Robert Hale Ltd

Hammers of the Gods: the role of metalworking tools in the Interpretation of hoards in Late Bronze Age Britain

E. Giovanna Fregni

Abstract

In mythology and ethnography, smiths have been described as powerful beings associated with the supernatural and engaging in transformative acts. However, it is difficult to see if this was also the case in prehistory. Past interpretations of the smith's position in a community have been based on the objects they made by using modern estimations of their value. Instead, the careful examination of the tools that smiths used can reveal more about ancient smiths than the products of their craft. They are the primary evidence of how metalwork was practiced in the Bronze Age and their presence in hoards can point to the cultural significance of the smith and smithing. By studying the tools used by metalsmiths, questions can be addressed about their function, if there are patterns of deposition, and if they had symbolic meaning.

Keywords

BRONZE AGE, METALWORKER, TOOLS, MYTHOLOGY, ETHNOGRAPHY

Résumé

Dans la mythologie et l'ethnographie, les forgerons sont décrits comme des hommes puissants, associés au surnaturel et engagés dans des actions de transformation. Cependant, il est difficile de discerner s'il en allait de même durant la Protohistoire. Les anciennes interprétations de la position sociale du forgeron au sein des communautés ont été fondées sur les objets qu'ils fabriquaient, en utilisant des estimations modernes de leur valeur. En fait, un examen attentif des outils qu'ils utilisaient peut en révéler plus sur les forgerons du passé que les produits de leur artisanat. Ils constituent les principaux indices de la façon dont le travail des métaux a été pratiqué durant l'âge du Bronze et leur présence dans les dépôts peut orienter l'interprétation du statut culturel du forgeron et de la métallurgie. En étudiant les outils utilisés par les forgerons, on peut interroger leur fonction, analyser s'il existe un modèle de distribution, ou s'ils possédaient une signification symbolique.

Mots clés

ÂGE DU BRONZE, MÉTALLURGISTE, OUTILS, MYTHOLOGIE, ETHNOGRAPHIE

Introduction: Metalworking in the Late Bronze Age

In the inventories of Late Bronze Age hoards, metalsmithing tools are often relegated to a miscellaneous category with little commentary. However, these tools not only define the hoards of which they are a part but also are powerful indicators of the presence of the smith and the practice of metalworking. This paper examines the metalsmithing tools, and in particular the hammers of the Late Bronze Age (1000–700 BC) in Britain. By using specific examples as case studies, we will be able to see how tools can represent the smith and smithing and how tools relate to other objects in the hoard to construct a narrative of metalsmithing techniques.

The Late Bronze Age in Britain was a time of new and innovative metalworking (Tylecote 1962; Burgess 1974; Needham 2001). New types of objects necessitated the development of specialised tools such as different types of hammers, anvils, and chisels. Complex objects such as cauldrons required multiple techniques such as casting, forging sheet metal, and riveting (Fregni 2014; see also Fregni in this volume).

Finds of hammers and other metalworking tools from before the Late Bronze Age are rare, but we could assume that some of these tools were in existence before this period. The increased presence in the numbers of tools found from this period could be due to a change in depositional

practices where it was considered appropriate to include tools in hoards. This is supported by the observation that few metalsmithing tools are found individually and that no metalworking workshops have been found in Britain (Fregni 2014: 18).

Hoard s that contain metalsmithing tools or debris are usually designated as founde rs hoards. However, the term has various meanings to different authors and its definition has changed with time. Founde rs' hoards have been "stock and tools of a metalsmith" (Evans 1881: 456–69), the "old and broken tools, obviously scrap metal collected for remelting" (Childe 1930: 45) or as an indicator of the importance of the scrap metal trade (Burgess 1974: 210).

In more recent years studies have explored the idea that these hoards could be associated with ritual acts. The location and arrangement of the objects suggested to some that the reason for the creation of these hoards might have been more ambiguous than merely a stash of tools and supplies (Bradley 1998: xix, 13; Needham 2001: 279). Others have postulated that these hoards could be the physical remains of an event such as a wedding or establishment of a treaty, or given as an offering to otherworldly beings (Sherratt 1976: 259; Bradley 1985: 31; 1998, 39; Helms 2012: 106, 110).

Another problem with the definition of founde rs' hoards is the lack of constancy in their composition. The early definitions of founde rs' hoards as assemblages of scrap metal, broken tools, metalworking tools, and associated materials and debris are still accepted. However, axes are found also in other hoard categories, such as votive hoards and merchants' hoards, and founde rs' hoards frequently do not include ingots or metalworking debris. In sum, tools were acknowledged as references to metalworking (Turner 1998: 118–119). Of the hoards examined here, the single common element is the presence of metalworking tools. If these tools are the defining element of a type of hoard, then they deserve closer examination as to their function as both tools and symbols.

In the past hoards have been defined based on categories of objects, rather than looking at the individual objects and how they relate to each other as an assemblage. If we look at the selections of tools and other objects found in these hoards, we have a glimpse into Bronze Age metalsmithing practices.

Types of tools and hammers

Unlike practitioners of other crafts, smiths cannot manipulate their material without the use of tools. Tools function as prosthetic extensions of human hands, such as how a hammer magnifies the force of the smith's arm and hand. These tools become the link between the metalsmith and the created objects. The versatility that results from mastering the craft is also manifested in the variety of tools used. As new techniques develop, the tools necessary for their creation are modified to facilitate them. Since many of these techniques are still in use today, it is no surprise that many of the hammers seen in antiquity resemble their modern counterparts. The shapes and sizes of modern hammers designed to fulfil specific tasks can be traced back to the Bronze Age. For example, we have heavy forging hammers with wedge-shaped faces that are useful for the initial phases of forming sheet metal from ingots. We also have hammers with flat faces that have multiple purposes. They can be used for smoothing forged sheet metal, but also to strike another tool such as a chisel. Hammers with wide faces indicate that they were used for tasks where the smith would not have to watch where the hammer was striking, such as when flattening sheet metal or striking another tool (Untracht 1968; 1985). Examples of this include chasing and repoussé where the smith guides a chisel-like tool while hammering the end of it. Rather than worrying whether the hammer would miss hitting the end of the tool, the wide flat face of the hammer will ensure that it will make contact. In contrast, narrow hammers with faceted faces could serve as riveting hammers, for forming fine ornaments, or for making the grooves in flanged or ribbon torcs. These are tasks where the smith needs to see where the hammer contacts the metal.

Skill in tool use

Through years of practice, metalsmiths learn to use tools effectively and efficiently. Smiths must learn multiple techniques for manipulating metal. They need to be able to hear and feel changes that occur while the metal is being worked. When the metal has been hammered too long, there is too much tension. The hammer striking the metal will make a ringing sound and the hammer will bounce, telling the smith that it is time to anneal the metal before metal fatigue causes it to crack. When casting copper or copper alloys, the smith watches for a change in the colour of the flames that will indicate that the metal in the crucible is molten. These signals are sensations internalised by the skilled smith who reacts to them almost instinctively. This is described by Ingold as the *poetics of tool use* (Ingold 2000: 415), in which a feedback loop is embedded in the work processes. The smith senses changes in the metal, which then demands specific actions to be taken. As the smith's skill increases, the cycle of sensations and reactions becomes a cycle of internalised knowledge that appears to be instinctive. The acquisition of skills through practice develops the smith's dexterity and confidence (Connelly, Dalgleish 1989; Sennett 2008: 238; Valentine 2011: 298). This ingrained knowledge appears to the observer as something extraordinary. The observer sees a performance of the creation of an object with what appears to be a seamless process. The subsequent ease of use that comes through skilled practice gives the impression of tools having anthropomorphic qualities. Observations have been made of situations in which tools are assigned magical and human-like characteristics. In these cases, the tools appear to be actively doing the work while the human controls a supernatural object. They give the impression of being cooperatively engaged in the process of creation. This performance appears magical to others watching the skilled smith at work (Eliade 1956: 29; Helms 1993: 21–22; Ellen 2016).

Legendary smiths

Smiths have been seen as characters that are both physically strong and mentally acute, who create both magical, and valuable objects. They are skilled in smithing, but they are also associated with arcane arts, including shamanism and healing. The association of metalworking and the supernatural goes back to the earliest recorded mythology and religions. Pantheons around the globe have smith gods, and there are several saints who are patrons of metalsmithing. There are still cultures where smiths are said to have extraordinary powers. In some areas of West Africa and South Asia, smiths are seen as powerful leaders, as doctors or healers (Dark 1973: 53; Aremu 1987: 312), as a separate group of people who trace their lineage back to the first metalworkers, or even having descended from the gods (Eliade 1956: 81–83; Neaher 1979; Childes, Killick 1993; Lahiri 1995: 122; Aremu 1987; Marchand 2008).

Metalsmithing is one of the few crafts associated with a deity dedicated to the practice. Almost every pantheon has a smith god, and occasionally a goddess. In each case, the gods are highly skilled and often perform smithing tasks with supernatural or extraordinary technological powers that often include acts of creation or medical healing. The Greek god Hephaestus created Pandora, the first human woman, from clay (Robins 1953: 41). He then cast her in gold and then brought her to life. The Irish gods Credna and Goibniu created a cauldron that restored life to warriors killed in battle and constructed a prosthetic arm in silver for King Nuada (Cross, Slover 1935: 40; Gillies 1981: 72). Brigit, who was originally an Irish goddess and later adopted as a saint, was associated with metalworking in addition to being a healer and a poet (Gillies 1981: 74). These gods are often more powerful or have control over deities higher in their hierarchy. Even though Zeus was the most powerful of the Greek gods, he did not have the ability to produce his own thunderbolts and depended on Hephaestus' skill to produce them.

It is always dangerous to rely on mythology or modern ethnography when addressing issues in archaeology, however, these examples illustrate the long cultural associations that smiths have had with power and arcane knowledge. The associations of smiths and power cannot be seen in the

material culture, but these examples can present us with ideas of how we might approach concepts of power and the use of tools as symbols in hoards that contain metalworking tools.

Interpreting hoards

Although a wide range of tools is necessary for creating different types of metal objects, only a few types of these tools are found in hoards in Britain. For the most part, there are hammers and chisels, and occasionally other objects such as small anvils. To date over 100 hammers have been found in Great Britain, with fewer than five recovered from contexts other than hoards (Fregni 2014).

In some hoards, notably from South-west England, the number of metalsmithing tools is dwarfed by the number of fragments of axes, swords, ingots, and other objects (Turner 1998). However, if we examine these hoards more closely, there is a consistency in the condition of the objects. Few of the axes and swords are intact. They are bent, broken into pieces, or the sockets are crushed and flattened. Turner also noted that within these hoards the pieces of the fragmented objects did not match. It appeared that one half of an axe was included in the hoard but the other half was not (Turner 1998: i, 78, 146).

In these hoards, the condition of the metalsmithing tools stands out. In contrast to axes and weapons, hammers are usually found in a useable condition. On the rare occasion that a severely damaged hammer is included in a hoard, it is accompanied by one or more undamaged hammers. It should also be noted that the damaged hammer's condition appears to be due to use rather than deliberate destruction. Because these tools are treated differently, they could have a special significance from the other objects included in the hoard.

Understanding that hoards contain objects that are part of the metalworking process and that they appear to have been treated differently does not explain why they were included. However, knowing the function of various tools enables more detailed interpretations of hoards and presents a narrative of metalworking events. Using the examples of different hoards containing metalsmithing tools found throughout Britain, an interpretation is presented here based on the relationship between the metalsmithing tools and the other objects found in these hoards.

Hoards and ornamental work

The Inshoch Wood Hoard from Inverness (Scotland) consists of a small anvil, a hammer, and a spear fragment cast from a copper alloy (Coles 1960; 1964). The hammer is slender: 58.7 mm long and 12.7 by 18.4 mm wide at the face. The small anvil resembles a modern jewellers' anvil. It is 35.6 mm long by 31.6 mm high, with a flat working surface, a single beak, and a wedge at the bottom that could be used to secure it to a workbench or tree stump. The Taunton Workhouse Hoard (Somerset) also has a small, narrow hammer that is 89.7 mm long and 10.8 by 4.4 mm wide. Both hammers would be ideal for manufacturing ornaments such as the quoit-headed pins and the flanged torc found in the Taunton Workhouse Hoard. The combination of the hammer along with the pins and the torc could indicate that the hoard has a focus on the manufacture of fine ornaments, and the combination of the small hammer and miniature anvil also indicates fine work.

Hoards, hammers, and the casting process

The Isle of Harty Hoard from Kent (now located in the Ashmolean Museum, Oxford) is unique in that it includes three complete bronze moulds for casting axes and gouges, and several objects that have been cast from them. In addition, the hoard contains socketed bronze hammers, ingots, and whetstones. The hammers are more robust than those in the Inshoch Wood Hoard and the Taunton

Workhouse Hoard, both measuring about 65 mm long. The face of the smaller one is about 15 mm square and the larger is 20 mm.

The hoard appears to be a set that features casting and finishing socketed axes and gouges. The moulds and ingots would have been necessary for casting, the gouges, axes, and hammers to beat out the edges of the blades to harden and sharpen them. The whetstones would be used to finish the blades and remove any burrs or imperfections that might have occurred while hammering.

Hoards demonstrating complex metalsmithing processes

The Gray's Thurrock Hoard (Colchester) resembles other hoards from East Anglia in that there are hundreds of elements that include fragments of axes and swords along with ingots, hammers, and other objects such as cauldron fragments (Turner 1998). The tools and fragments are often placed in a category of miscellaneous objects. However, if we set aside the axes and weapons and examine the rest as an assemblage, a narrative begins to emerge. The elements that stand out are the three hammers, three chisels, the cast fragments of a cauldron (the staples or rings for the handles), seventy bronze ingots, one of which contains 23% lead. The hoard contains the materials and most of the tools needed to manufacture a Colchester Type cauldron.

Together the bronze ingots weigh 14 kg, excluding the fragment of the ingot of leaded bronze. The amount of metal necessary to produce both sheet metal and rivets for a cauldron typical of this region would weigh 9.5 kg (Gerloff 2010). If the weight of the metal necessary for manufacturing a cauldron is subtracted from the weight of the ingots found in the Gray's Thurrock hoard, 4.5 kg of metal would remain. The remaining metal combined with the leaded ingot would be sufficient for casting the rings and staples with sufficient excess for casting jets. It is important to note that sheet metal be cast from bronze that does not contain lead. The addition of lead makes the alloy more brittle. However, a small amount of lead makes a copper alloy easier to pour into complex moulds such as for the ribbed staples and rings for this type of cauldron. This use of different alloys is also confirmed by analyses of cauldrons and cauldron fragments (Gerloff 2010; Fregni 2014).

The hammers that are part of the hoard are heavy with faceted or rounded faces that would have been needed for forging and smoothing sheet metal. In addition, the chisels would have been necessary for cutting the sheet into the proper shape and punching holes for rivets.

The Roseberry Topping Hoard (currently in Weston Park Museum, Sheffield) consists of a bronze mould for a socketed axe, two socketed axes that were likely cast from that mould, a fragment of an axe, a hammer, a chisel, two woodworking gouges, and a sickle. Originally the hoard also included a whetstone, a fragment of sheet metal, and a copper ingot (Ord 1846; Howarth 1899). The hoard was found in a rock cleft at the top of a prominent hill in North Yorkshire. This location has legends surrounding it that include a holy well that was in use into modern times, a perforated standing stone associated with fertility, the story of the death of an Anglo-Saxon prince, and an etymological association with the Anglo-Saxon god Woden (Horton 1979; Sherlock 1995).

Both hoards have strong associations with metalworking processes that involve both the creation and destruction of metal objects. While this can be interpreted in practical terms, there are also elements that can indicate that there is a narrative beyond practical metalsmithing.

Cauldrons similar to the one suggested by the materials in the Gray's Thurrock Hoard are large, capable of holding 60-70 liters. These vessels have been inferred as cooking vessels for communal feasting (Gerloff 2010: 93). This could include events such as the celebration of treaties (Bradley 1984: 113), marriages (1984: 281), ritual feasting, or other events that would represent the community (1984: 108). As mentioned above, cauldrons also have a place in mythology. The Irish cauldron of rebirth has associations with life and death / creation and destruction. The other elements of

the hoard also could represent a greater cycle of creation and destruction. The fragmentation of cauldrons, axes, and swords, and their deposition in hoards could symbolise cyclical transformative processes, including destruction and death, and the tools and raw materials could represent the process of rebirth (Brück 2008: 304, 307).

Similarly, the Roseberry Topping Hoard can be read as a narrative of creation and destruction. The smithing tools in this hoard include the mould and ingot that would be used for creating the axes. The gouges are needed to carve the wooden handles for the tools. The hammer and the now missing whetstone would have been instrumental in sharpening the axes and the sickle. These tools could all represent the creation of agricultural tools. The end of the tool's useful life could be represented by the axe fragment, which could have been broken by the same hammer and chisel used for creating similar tools. This suggests that a smith and the tools used to create the object were also the instruments of their destruction. In addition, the inclusion of the sickle could generally indicate agricultural practice, but it could also symbolise reaping grain, an act also associated with death and eventual rebirth. Altogether, the hoard can be interpreted as an assemblage that represents a life cycle from birth to death, with the possibility of the idea of continuing the cycle.

The ritual aspect of the hoard is supported when considering its context. The top of a tall hill is an unusual place for metalsmithing. Given the stories of a holy well, the standing stone, and the death of a prince, this seems a more likely place for an offering to gods or supernatural beings.

Conclusion

Tools are the primary evidence of how we can understand metalworking practices of the Bronze Age. Knowing how different types of tools are used indicate different metalworking tasks and how different elements of an assemblage relate to each other. In this light, it is easy to see the association between the hammer and the ornaments in the Taunton Workhouse Hoard.

By studying the tools found in hoards questions can be addressed about their function, if there are patterns of deposition, and if they had symbolic meaning. The presence of metalsmithing tools such as hammers in hoards can point to the cultural significance of the smith and smithing. Furthermore, the condition of the hammers also makes them stand out from other objects in the hoard. These still useful tools could have been included as a representation of the smith or as a contribution of the smith's skill to the hoard. They become relevant indicators of the smith as a powerful person whom both creates and destroys the metal objects that make up the hoard.

Smiths were instrumental in the creation of metal objects and had the knowledge to reduce these objects to fragments. They also had knowledge of transformative processes of melting metal and recycling broken or old objects. These processes have associations with transformative states such as life, death, and rebirth, represented by melting solid metal and casting it into a solid form again.

We could therefore make a case that these hoards as symbolic assemblages with structure and meaning for those who created them. In the past, the main division between utilitarian and ritual hoards was based on whether a rational explanation could be ascribed to them. Those that looked as if they were associated with industry or economics were defined as founders' and merchants' hoards. Tools and metal are often thought of in terms of function and economy, and so their association with the metaphysical is often not considered.

These metalworking tools have significance in the assemblages where they are found. They can represent a narrative of metalworking or serve as a proxy for the smith's power over transformative processes. The recognition of the tools included in the assemblages presented here is essential for

the interpretation of hoards, in addition to gaining a better understanding of the significance and the role of smiths in the Late Bronze Age.

References

- AREMU, D. A. (1987) – Transmission of knowledge-metals in West Africa: An ethnographic study of bronze/brass casting in Northeast Yorubaland, Nigeria. In ANDAH, B. W. (ed.) – *Foundations of Civilization in Tropical Africa*. Ibadan: Univ. of Ibadan, pp. 303–3016
- BRADLEY, R. (1984) – *The Social Foundations of Prehistoric Britain: Themes and variations in the archaeology of power*, London: Longman
- BRADLEY, R. (1985) – *The archaeology of deliberate deposits. Consumption, Change and the Archaeological Record*. Edinburgh: University of Edinburgh [Occasional Paper No. 13]
- BRADLEY, R. (1998) – *The Passage of Arms: An archaeological analysis of prehistoric hoard and votive deposits*. Oxford: Oxbow Books
- BRÜCK, J. (2008) – The architecture of routine life. In POLLARD, J. (ed.) – *Prehistoric Britain*. London: Blackwell, pp. 248–267
- BURGESS, C. (1974) – The Bronze Age. In RENFREW, C. (ed.) – *British Prehistory: A new outline*. London: Duckworth, pp. 165–222
- CHILDE, V. G. (1930) – *The Bronze Age*, Cambridge: Cambridge University Press
- CHILDES, S. T.; KILLICK, D. J. (1993) – Indigenous African Metallurgy: Nature and Culture. *Annual Review of Anthropology* 22, pp. 317–337
- COLES, J.M. (1960) – Scottish Late Bronze Age Metalwork: Typology, distributions and chronology. *Proceedings of the Society of Antiquaries of Scotland* 93, pp. 16–134
- COLES, J.M. (1964) – Scottish Middle Bronze Age Bronzework. *Proceedings of the Society Antiquaries of Scotland* 97, pp.82–156
- CONNELLY, K.; DALGLIESH, M. (1989) – The Emergence of a Tool-Using Skill in Infancy. *Developmental Psychology* 25 (6), pp. 894–912
- CROSS, T. P.; SLOVER, C. H. (1935) – *Ancient Irish Tales*. London: George. G. Harrap & Co. Ltd.
- DARK, P. J. C. (1973) – *An introduction to Benin art and technology*. Oxford: Clarendon Press
- ELIADE, M. (1956) – *The Forge and the Crucible*. Chicago: University of Chicago Press
- ELLEN, R. (2016) – Tools, agency and the category of ‘living things. *Les actes de colloques du quai Branly Jacques Chirac* 6 [online]. <https://journals.openedition.org/actesbranly/655> (Accessed 20 January 2016)
- EVANS, J. (1881) – *The Ancient bronze implements, weapons, and ornaments of Great Britain and Ireland*. London: Longmans, Green, and Co.
- FREGNI, E.G. (2014) – *The Compleat Metalsmith: Craft and Technology in the British Bronze Age*, PhD thesis, University of Sheffield [online]. <http://etheses.whiterose.ac.uk/6479/> (Accessed 19 October 2016)
- GERLOFF, S. (2010) – *Atlantic Cauldrons and Buckets of the Late Bronze and Early Iron Ages in Western Europe: With a review of comparable vessels from Central Europe and Italy*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag (Prähistorische Bronzefunde, II, 18)
- GILLIES, W. (1981) – The Craftsman in Early Celtic Literature. In KENWORTHY, J. (ed.) – *Eary Technology in North Britain*. Edinburgh: University Press Edinburgh.
- HELMS, M. W. (1993) – *Craft and the Kingly Ideal: Art, trade and power*. Austin: University of Texas.
- HELMS, M. W. (2012) – Nourishing a structured world with living metal in Bronze Age Europe. *World Art* 2 (1), pp. 105–118
- HORTON, M.C. (1979) – *The Story of Cleveland*. Cleveland: Cleveland County Libraries
- HOWARTH, E. (1899) – *Catalogue of Bateman Antiquities in Sheffield Museum*. London: Dulau
- INGOLD, T. (2000) – *The Perception of the Environment: Essays on livelihood*. London: Routledge
- LAHIRI, N. (1995) – Indian Metal and Metal-Related Artefacts as Cultural Signifiers: An Ethnographic Perspective. *World Archaeology* 27 (1), pp. 116–132
- MARCHAND, T. H. J. (2008) – Muscles, Morals, and Mind: Craft apprenticeship and the formation of person. *British Journal of Educational Studies* 56 (3), pp. 245–271
- NEAHER, N. (1979) – Awka who travel: Itinerant metalsmiths of Southern Nigeria. *Africa* 49 (4), pp. 365–366

- NEEDHAM, S. (2001) - When Expediency Broaches Ritual Intention: The Flow of Metal Between Systemic and Buried Domains. *The Journal of the Royal Anthropological Institute* 7 (2), pp. 275-298
- ORD, J. W. (1846) - *The History and Antiquities of Cleveland*. London: Simpkin and Marshall
- ROBINS, F. W. (1953) - *The Smith: The traditions and lore of an ancient craft*. London: Rider and Company
- SENNETT, R. (2008) - *The Craftsman*. London: Penguin Books
- SHERLOCK, S. (1995) - The archaeology of Roseberry Topping. In VYNER, B. (ed.) - *Moorland Monuments: Studies of north-east Yorkshire in honour of Raymond Hayes and Don Spratt*. York: The Council for British Archaeology, pp. 119-129 (Research report 101)
- SHERRATT, A. (1976) - Resources, technology, and trade: an essay in early European metallurgy. In SIEVEKING, G. D.; LONGWORTH, I. H.; WILSON, K. E. (eds.) - *Problems in Economic and Social Archaeology*. London: Duckworth, pp. 557-581
- TURNER, L. (1998) - A re-interpretation of the Late Bronze Age metalwork hoards of Essex and Kent, Vol I. PhD Thesis, University of Glasgow [online]. <https://theses.gla.ac.uk/1471/> (Accessed January 2010)
- TYLECOTE, R. F. (1962) - *Metallurgy in Archaeology: A prehistory of metallurgy in the British Isles*. London: Edward Arnold Ltd.
- UNTRACHT, O. (1968) - *Metal Techniques for Craftsmen*. London: Robert Hale Ltd
- UNTRACHT, O. (1985) - *Jewelry Concepts and Technology*. London: Robert Hale, Ltd
- VALENTINE, L. (2011) - Craft as a form of mindful inquiry. *The Design Journal* 14 (3), pp. 283-306

The concept and meaning of tools: functional aspects and social implications

Bianka Nessel

Abstract

The emergence of bronze tools in deposits and graves in Bronze Age Europe has for a long time been associated with craftsmen. The deposited tools belong especially to the toolkits of metalworkers and are therefore seen as indicators for the participation of metalworkers in events such as the depositing of bronzes. A closer look at the material shows however that the number of deposited tools in Bronze Age hoards is less than 3%. Most tools are multifunctional and are used for many different crafting activities. In contrast, there are only a few tools with a specific function.

A functional analysis of tools in the Carpathian Basin, Central Europe, and southern Scandinavia could be an indication of the social status of craftsmen. The connection between artisans suggests that an in-depth study would further our understanding of their function and status, the crafting sphere they belonged to, and the materials they used. This study deals with questions about the occurrence and treatment of tools in deposits and graves. Furthermore, the handling of tools and their significance for Bronze Age craftsmen and their societies will be discussed.

Keywords

BRONZE AGE, METALWORKER, TOOLS, HOARD, GRAVE, EUROPE

Résumé

L'émergence d'outils en bronze dans les dépôts et les tombes de l'Europe de l'âge du bronze a longtemps été associée aux artisans. Les outils déposés appartiennent surtout aux panoplies d'outils des métallurgistes et sont donc vus comme des indicateurs de la participation de ces derniers à des événements tels que le dépôt des bronzes. Un examen plus approfondi du corpus montre cependant que le nombre d'outils déposés dans les dépôts de l'âge du bronze est inférieur à 3 %. La plupart des outils sont multifonctionnels et sont utilisés pour de nombreuses activités artisanales différentes. En revanche, il n'y a que quelques outils avec une fonction spécialisée.

Une analyse fonctionnelle des outils du bassin des Carpates, d'Europe centrale et du sud de la Scandinavie pourrait être une indication du statut social des artisans. La connexion entre les artisans suggère qu'une étude approfondie permettrait de mieux comprendre leur fonction et leur statut, la sphère artisanale à laquelle ils appartenaient et les matériaux qu'ils utilisaient. Cette étude traite des questions relatives à la présence et au traitement des outils dans les gisements et les sépultures. En outre, le maniement des outils et leur importance pour les artisans de l'âge du bronze et leurs sociétés seront discutés.

Mots clés

ÂGE DU BRONZE, MÉTALLURGISTE, OUTILS, DÉPÔT, TOMBE, EUROPE

Introduction

Late Bronze Age hoards have been interpreted by many researchers as representing the remains of metal workshops (e. g. Rusu 1981: 378; Kytlicová 2007: 156; Endrigkeit 2007: 279) or even metal workers (e. g. Janssen 1985, 52; Paret 1954: 10; Cosack 2003: 240–241) as they contain a combination of tools, intentionally fragmented bronzes, and raw materials. Besides the interpretations of fragmented bronzes as material for re-melting (Cosack 2003: 241), just one tool, a remnant of a casting process or an unfinished product was enough to link a hoard to the metal working sphere (e. g. Kiehebusch 1912: 379), even if most of the items are not related to the craft at all. The result is the circular argument that tools in hoards are in general metalworkers implements, although they usually contain items of several different functions, whose suitability is barely discussed in detail.

This study summarizes the results of a large study of the functional attributes and the derived suitability of tools from an area between the Carpathian Mountains and the Baltic Sea (Nessel 2019). To investigate aspects of tool development in the Bronze Age, we have considered a broad time frame that includes contextualized and dated tools from the Bell Beaker period to the end of the Bronze Age and the beginning of the Iron Age (Figure 1). Most are from hoards and graves. A larger number are also single finds. However, as tools do not show chronologically significant changes in shape as other types of bronzes, a precise dating is in most cases difficult. Therefore, single finds are not included in this study.

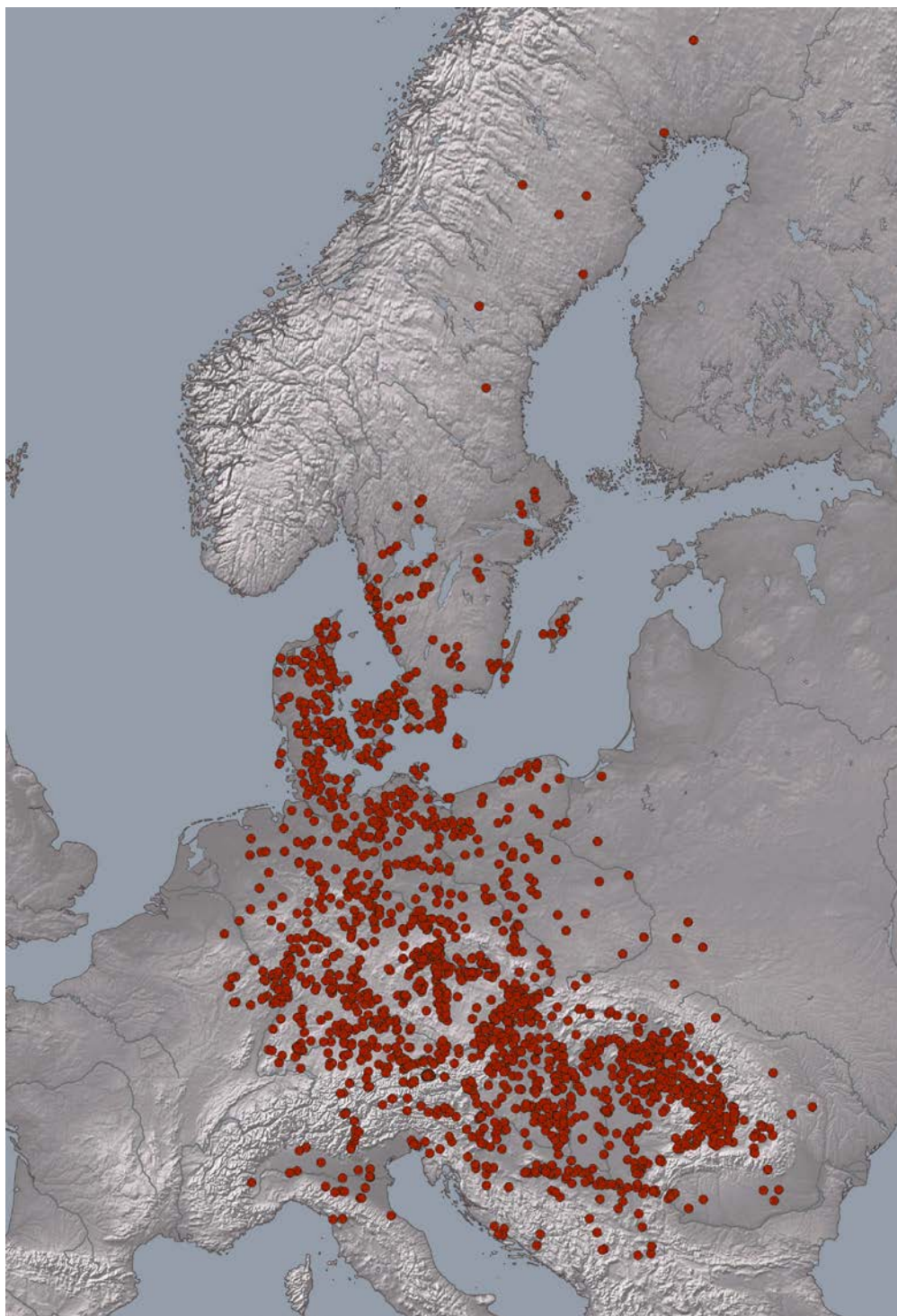


Figure 1. Distribution of all finds from the study area

Functional analyses and typology of tools

To investigate and describe their functional suitability the tools that were classified as potential metalworkers' tools by former researchers were ordered in diverse groups with special emphasis on their ergonomic attributes. To evaluate the utility and advantages of the objects several criteria need to be determined. Firstly, the study aims to examine the primary purpose of implements. That does not mean that their use might not change during their lifespan and biography, but their manufacture is the result of a specific concept of the artisan that cannot be changed afterwards without destroying the initially formed implement to create a completely new one.

Not of lesser importance is an unambiguous identification of the tool's attributes and an interpretation of its primary use. An implement can only be tied to a particular craft sphere if it is explicitly arguable. Tools with specific utilities are separated by functional criteria from those that are multi-purpose. The working surfaces of the latter are not formed specifically enough to define their particular crafting environment.

Some aspects are essential for a functional typology of tool attributes. First, the shape of a tool is exclusively determined by its function. Any ornamentation or chronological specifications are not considered in this typology. The second aspect assumes that the manufacturer has a clear conception of how the tool will be used and about the functional attributes it requires before the manufacturing process begins. Therefore, every tool meets the specific needs of its user. Thirdly, the attributes and shape of a tool were not modified without a specific purpose. A tool would only be transformed when the user seeks better handling. Nevertheless, the user can change the attributes of a tool during its use-life to adapt it to specific conditions. However, this is dependent on the conceptual limits of each given tool.

Within eleven considered groups of potential metalworkers' implements and objects, we have included casting cores, melting pods, bellows, and casting models that are undoubtedly metalworkers' tools, because they are exclusively designed and manufactured to smelt and cast metal. Mechanical operating tools such as hammers, anvils, punches, chisels, rasps, and sawblades form a second group. Of these only anvils can be directly and exclusively linked to the metal working sphere. They are the only implements that are specifically and unambiguously manufactured to form metal and therefore a part of the smith's toolkit.

In contrast to general assumptions, punches cannot be exclusively seen as metal working tools, because they are also important for the surface decoration of textiles. For imprinting leather, for example, a punch would need to have sharp edges that would properly identify the nature of its usage. However, the deposited punches show very carefully formed working surfaces without any sharp edges (Figure 2) (Nessel 2009). Therefore, they can't be seen as metal working tools, but since there is no damage or working traces on the instruments it is unlikely that they were used to imprint metal surfaces. They were probably used to decorate wax models, as documented on several bronzes (e. g. Born 2003).

The use of other mechanical tools is in comparison rather difficult to identify. Hammers for example can, according to their attributes, be divided into two categories: multi-functional tools and special equipment (Figure 3). Hammers with slim or v-shaped working surfaces are clearly tied to the metal working sphere because their attributes make their primary use as multifunctional pounding tools unlikely. In contrast, hammers with flat or curved working surfaces are more versatile, because their primary function is obviously to pound materials, but they can't be assigned to a specific use, since such tools are required in several different crafts and processes. Only a few very heavy hammers, weighing several kilos, can be identified as sledge hammers (Figure 4). Their heavier weight elevates the kinetic energy at impact by a multiple, suggesting that they were intended to be used on hard, probably metallic materials (Nessel 2008; 2010).



Figure 2. The working surface of the big circular punch from the Murnau hoard (after Nessel 2009)

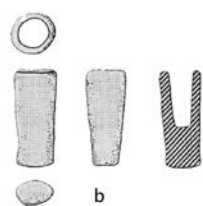
functional group I – multi-functional socketed hammers

type I

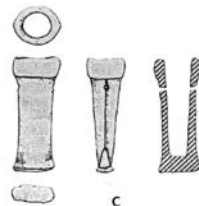


type II

face curved lengthwise



face curved crosswise



face curved on both sides



functional group II – socketed hammers with specific functions

type I

wedge shaped face



type II

very narrow face

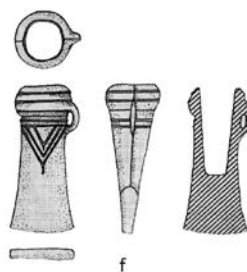


Figure 3. Multi-functional and special equipment hammers based on their functional attributes:
a Jibou, b Sâmbriaș, c Gușterița, d Brvniște, e Corund, f Arad II (adapted from Nessel 2008).

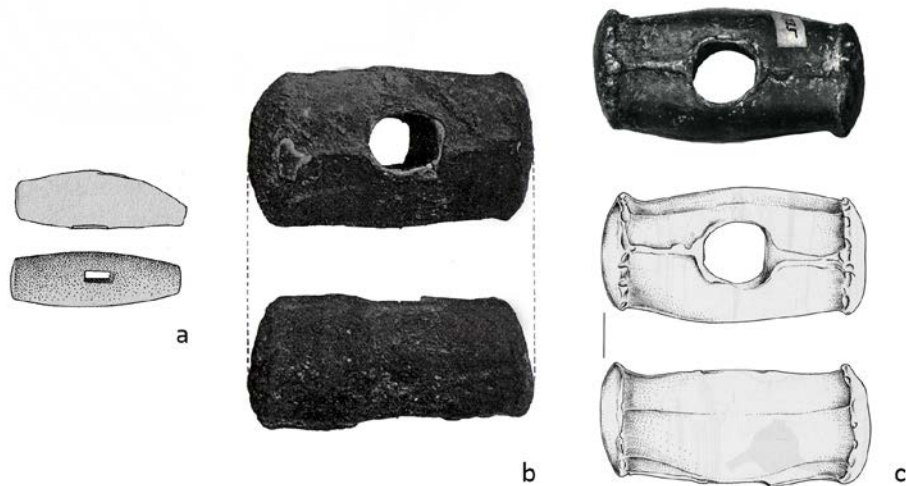


Figure 4. Heavy hammers, a) Săcuieni (after Petrescu-Dîmbovița 1978: pl. 238 B); Mühlbach-Mitterberg (after Pittioni 1938: Taf. 33) and c) Hudinja (Smodić 1955: pl. IV, 3; Teržan 1983: 62 fig. 9, 6).

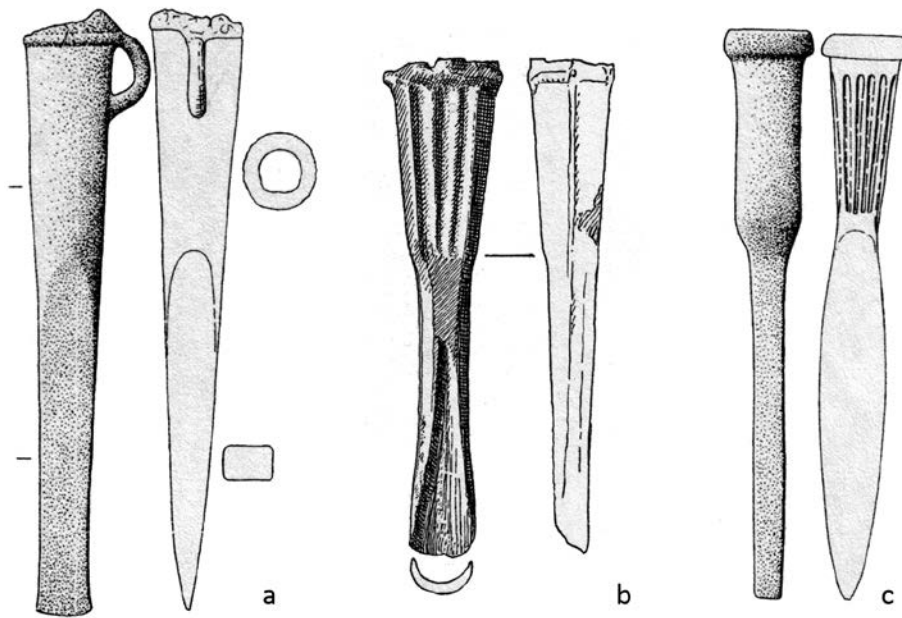


Figure 5. Chisels with various types of working edges (Nessel 2019: fig.124)



Figure 6. Use patterns on modern antler tools compared to finds from the Bronze Age settlement Alba Iulia-Monolith (after Nessel 2010)



Figure 7. Use patterns on modern soapstone tools compared to finds from Troy (after Nessel 2014)

Chisels also have multifunctional attributes. In general, the more stable the chisel body is, the more likely it was used on harder materials. Examples with crescent-shaped edges and hollow throats are designed primarily to work wood, bone or antler, as they were designed to cut into or gouge softer materials (e.g. Mayer 1977; Říhový 1992; König 2004: 53). Chisels with curved or flat edges are more versatile instruments that can be used efficiently on both hard materials like metal surfaces, as well as softer, organic matter (Figure 5).

Sawblades made of copper or bronze are limited almost entirely to be used on organic materials (Nessel 2009a), as demonstrated by experiment (Nessel 2010). The use-patterns on these reproduced sawblades, as well as on the worked material, are very similar to those identified on Bronze Age objects (Figure 6). Their ill-suited cross-sections and lack of twisted teeth, particularly on saws from the Carpathian Basin restrict their use to sawing very soft material such as softwood or soapstone (Figure 7). Therefore, saws cannot be identified as metal working tools, but they have been used to manufacture casting forms, as saw patterns appear on moulds from southeastern Europe (Bočkarov, Leskov 1980: 45; Wanzek 1989: 31–32) and western Anatolia (Nessel 2014: 221). This makes them a probable addition to the metalworkers' tool kit.

Bronze files are very rare in the studied area. All are single cut-files (Figure 8) with a very rough file cut that cannot be used efficiently on metal or wax surfaces. They were probably used for working organic material, which was also the case in the early Iron Age, as the concept and material of the tools does not change until the La Tène.

Pliers and clamps are rare in the archeological record (Jockenhövel 2001). They were probably made of wood and could have been ad hoc tools, made for a certain process and easily damaged during use.

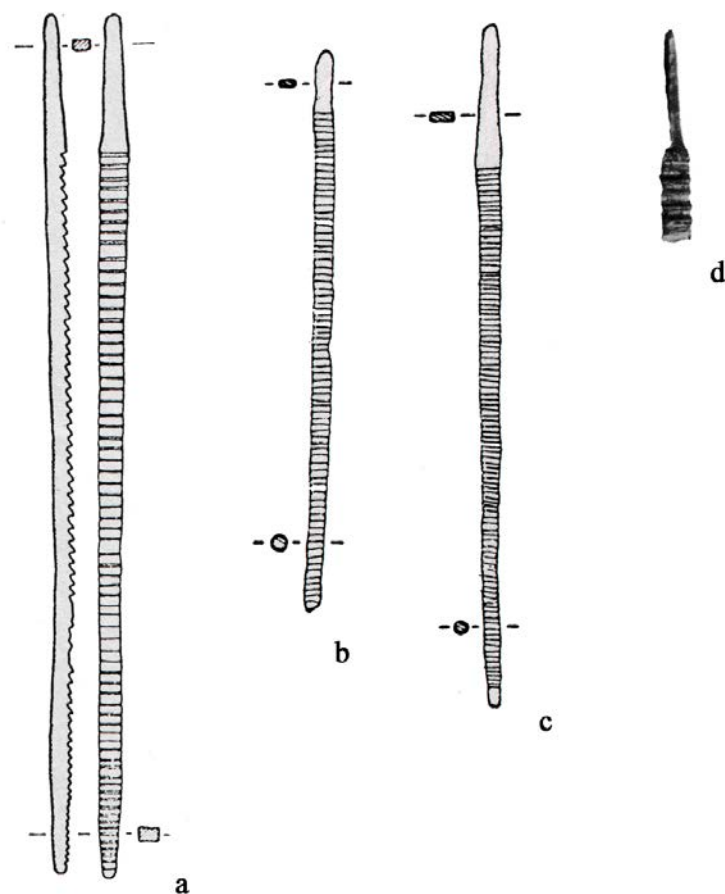


Figure 8. Single cut-files from Casale del Fosso (a-c) and Öreglak (d) (after Buranelli 1969: fig. 6; Mozsolics 1985: pl. 83,20)



Figure 9. Intact moulds from Vorland (a) compared to fragmented bronzes from the Late Bronze Age Friedersdorf hoard (b) (a after Hänsel, Hänsel 1997; b Landesamt für Archäologie, Sachsen)

In contrast to tools, raw materials, and casting debris are common in hoards. It is not possible to identify affinities to other types of objects and although they often occur together, they show no necessary correlation with each other. They are not regularly found with metal working tools making it difficult to identify any close link to the metallurgical sphere whether in hoards or graves.

Occurrence and treatment of tools in hoards and graves

Apart from punches that are only present in Ha A1 contexts, all the above-mentioned tools were deposited during the duration of the Bronze Age. Most of them appear in hoards but compared to

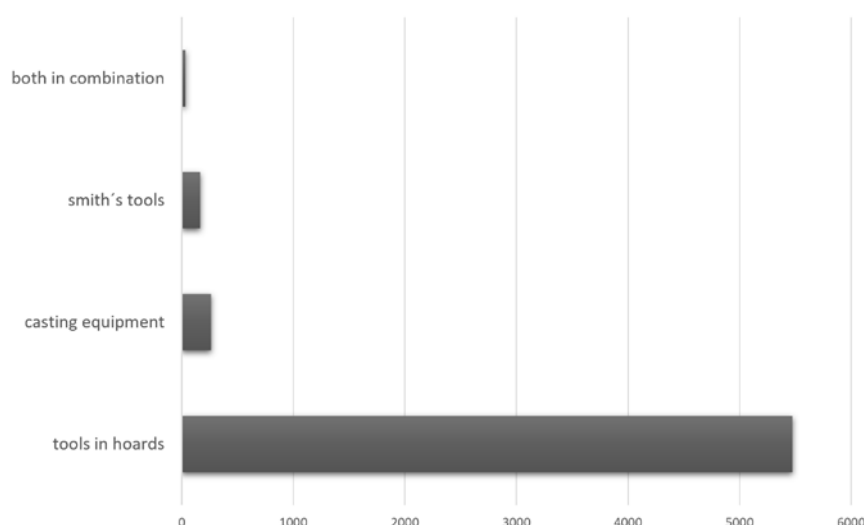


Figure 10. Distribution of tools belonging to different activity fields found in hoards

the total quantity of bronzes contained in deposits, their percentage is very small, certainly not more than 3%.

The general features of hoards with craft equipment, such as the place chosen for the deposit, or the diverse groups of items or materials contained within them, follow spatial and time-specific parameters. However, as they are almost always deposited intact, the condition of the tools sets them apart from most other items in Late Bronze Age hoards (Figure 9). Their different suitability seems also to be reflected in the frequency of their appearance in these contexts, as the more versatile tools occur much more frequently compared to those with particular functional attributes. Hammers and chisels for example are common to all periods of the Bronze Age, whereas tools such as anvils or molds are in comparison rare. It is striking that there is an apparent deliberate separation of forging and casting tools in hoards and graves, these tools are almost never combined in one context (Figure 10). In the studied area, only 163 hoards contain smith tools, 80 hoards comprise founder's tools, but only 21 hoards contain both. This deliberate separation is present in grave inventories as well, where instruments of both activity fields are mutually exclusive. Therefore, it can be summarized that the small number of obvious metalworkers' tools barely identifies smiths as individuals or part of social groups involved in the deposition of bronzes, nor are they explicitly marked as metal workers in graves, since there are only 173 graves with tools in the studied area (Nessel 2013).

The definition of craftsmen's hoards

The rare tool hoards (Figure 11) follow their own rules and have a few main characteristics in common. Firstly, they consist specifically or at least predominantly of tools that always belong to the same field of activity. Secondly, all tools have been used, but deposited while they were still in good working condition. Thirdly, a specific and constant ratio between different tools is characteristic of these finds. In almost all cases, the number of objects and the composition of the find suggests that they belong to one single toolbox. One exception is the large tool-hoard from G nelard (Th venot 1998) that contains two examples of each tool. These three points can be used as criteria to identify actual "metal workers' hoards". Presently, 26 European hoards meet these conditions (Figure 12). There is still debate as to the individuals who deposited these hoards and I have addressed this question in a previous paper (Nessel 2012a). However, more research is needed in order to provide a satisfying answer.



Figure 11. Tool-hoards a) Murnau (after Nessel 2009); b) Ujezd (after Kytlicova 2007) and c) Génelard (after Thevenot 1998)

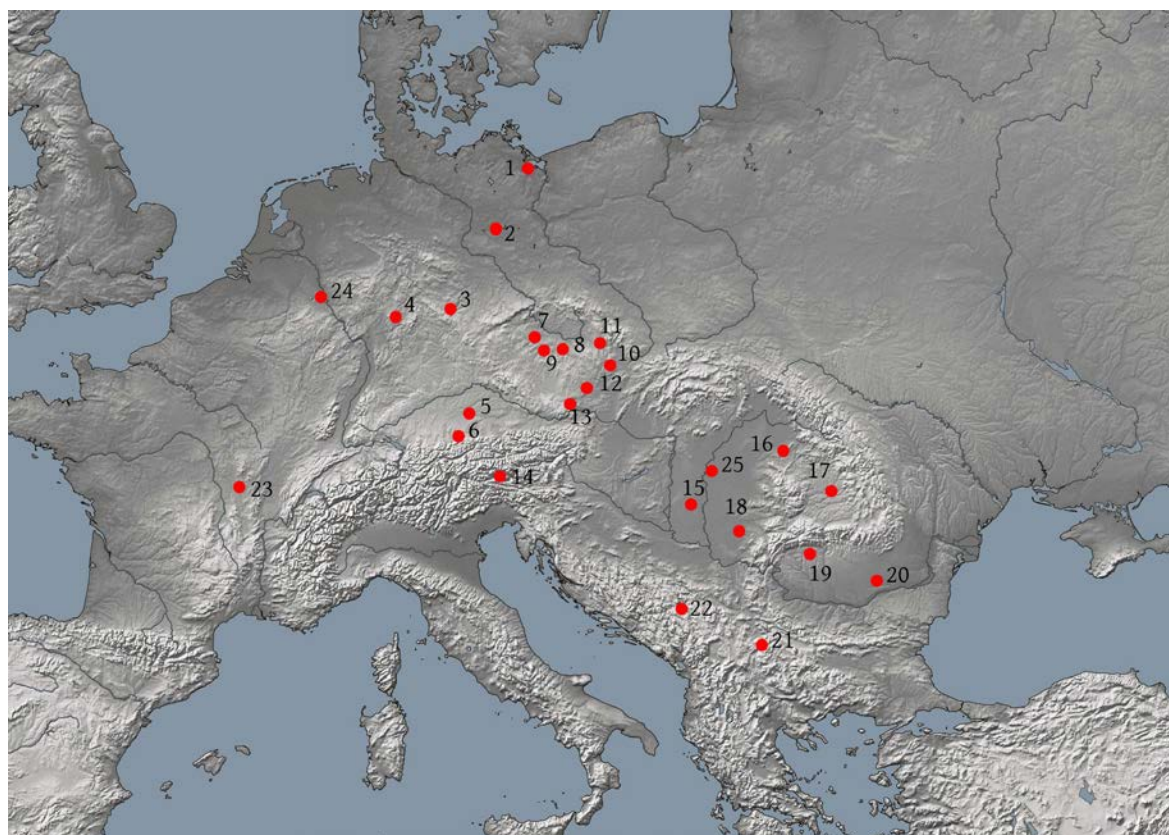


Figure 12. Distribution of metal working tool hoards (1 Ferdinandshof, 2 Falkensee, 3 Rudolstadt, 4 Neckargartach, 5 Murnau, 6 Grünwalder Forst, 7 Praha-Suchbát I, 8 Velim, 9 Újezd, 10 Skalička, 11 Loučka II, 12 Brno-Řečkovice, 13 Schiltern, 14 Laas, 15 Soltvadkert, 16 Ciurmești, 17 Corund, 18 Fratelia, 19 Logrești-Moșteni, 20 Cernica, 21 Pobit Kamak, 22 Gornja Bela Reka, 23 Gélénard, 24 Meckenheim, 25 Tiszaföldvár)

Conclusions and social implications

Can metalworkers be identified as individuals, part of a social group or a specific segment of society? Are they members of an elite group that controls trade routes, as is often suggested?

From a material point of view, the deliberate selection of equipment may be the result of special rules regarding hoarding. Observation of the regular structural patterns of hoards with tools and the specific treatment of tools in these depositions indicates that general obligations in dealing with metallurgists and metallurgical tools were widely accepted. The specific way of depositing them seems to be a material reflection of communal behavior. The few hoards that contain casting equipment in association with smith tools can probably be explained because of individual actions or small-scale deviations from the generally accepted deposition rules. The separation of tools with different uses can also be interpreted as the reflection of an early and probably not fully developed specialization. The separation of smiths and founders' tools distinguishes two fields of activities and refers less to the self-image of the craftsman, but more to how they are viewed by the community. Nevertheless, analogous to archeological contexts with tools of both activity fields (e. g. Dąbrowski 1968: 186; Karavannić 2005; 2014; Pryakhin 1986), it can generally be assumed from ethnological observations and early written sources that both activities were mastered by a Bronze Age metallurgist (e. g. Klengel 1995: 39). However, the skills alone should not inevitably imply that all metalworkers carried out both activities. Furthermore, it is not clear which of the two activities was of higher value to the community or if forging and casting were always visible to all community members.

The small number of metal working tools in graves, taken as indications for burials of smiths and founders, makes craftsmen barely visible in funerary contexts. As is the case with hoards, grave inventories show that metalworking tools follow general spatial and time specific parameters. Obviously, it was more important to express particular community bonds, than to articulate the role of the person as a metalworker through the display of tools in the burial rite. The metallurgist occupies a certain assigned position within the existing power structures, and he would have expected to follow the community rules. Craft is embedded in the existing social framework and cannot be separated from it. Studies of contemporary written sources from the Aegean and eastern Mediterranean, where we understand the social dependencies between craftsmen and society much better, have shown a generally comparable situation (Bech Gregersen 1997: 402–403, 513; Gillis 1997; Gilman 1996: 68). Metalworkers, as well as all other craftsmen, were notable members of the local society, their roles implied rights and obligations for all craftsmen, regardless of if they worked for temples, palaces, or private households.

Although the social structures cannot be directly compared, the archeological contexts suggest similar dependencies in Central Europe. Most Bronze Age metalworkers were neither part of the elite nor in control of trade or trade routes. They were probably well-integrated members of their communities, who produced for different segments of society and met diverse needs.

References

- BECH GREGERSEN, M. L. (1997) – Pylian craftsmen: Payment in kind/Rations or land? *Aegaeum* 16 (2), pp. 397–405
- BOČKAREV, V. S.; LESKOV, A. M. (1980) – *Jung- und spätbronzezeitliche Gussformen im nördlichen Schwarzmeergebiet*. München: Beck (Prähistorische Bronzefunde XIX, 1)
- BORN, H. (2003) – Herstellungstechnische Voruntersuchungen an dem spätbronzezeitlichen Goldschmuck der Neuerwerbung. *Acta Praehistorica et Archaeologica* 35, pp. 177–184
- BURANELLI, F. (1979) – Utensili per la lavorazione del legno in due tombe villanoviane da Veio. *Archaeologia Classica* 31, pp. 1–17
- COSACK, E. (2003) – Neue Hortfunde mit jungbronze- und eisenzeitlichem Inventar aus dem Regierungsbezirk Hannover. *Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen* 24, pp. 233–252
- DĄBROWSKI, J. (1968) – Z problematyki wytwórczości metalurgicznej epoki brązu w Północno-Wschodniej Polsce i na terenach sąsiednich. *Archeologia Polski* 13, pp. 151–187
- ENDRIGKEIT, A. (2007) – Zur Deutungsmöglichkeit von Depots am Beispiel bronzezeitlicher Depotfunde aus Schleswig-Holstein. In BURMEISTER, St.; DERKS, H.; RICHTHOFEN, J. von (eds.) – *Zweiundvierzig. Festschrift für Michael Gebühr zum 65. Geburtstag*. Rahden/Westfalen: Leidorf, pp. 273–282 (Internationale Archäologie – Studia honoraria 25)
- HANSEL, A., HANSEL, B. (1997) – Gaben and die Götter. Schätze der Bronzezeit Europas. Berlin: Seminar für Ur- und Frühgeschichte der Freien Universität (Bestandskataloge des Mus. Vor- und Frühgesch. 4)
- GILLIS, C. (1997) – The smith in Late Bronze Age- state employee, independent artisan, or both? *Aegaeum* 16, 2, pp. 505–513
- GILMAN, A. (1996) – Craft Specialisation in Late Prehistoric Mediterranean Europe. In WAILES, B. (ed.) – *Craft Specialization and Social Evolution. In Memory of V. Gordon Childe*. Philadelphia: Penn Museum, pp. 67–71 (University Museum Monograph 93, Symposium Series VI)
- JANSSEN, W. (1985) – Hortfunde der jüngeren Bronzezeit aus Nordbayern. Einführung in die Problematik. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 15,1, pp. 45–54
- JOCKENHÖVEL, A. (2001) – Frühe Zangen. In HANSEN, S.; PINGEL, V. (eds.) – *Archäologie in Hessen: Neue Funde und Befunde-Festschrift für Fritz-Rudolf Herrmann zum 65. Geburtstag*. Rahden/Westfalen: Leidorf, pp. 91–102 (Internationale Archäologie – Studia honoraria 13)
- KARAVANIĆ, S. (2005) – Late Bronze Age metallurgical activity in North Croatia. In LAFFINEUR, R.; DRIESSEN, J.; WARMENBOL, E. (eds.) – *L'âge du bronze en Europe et en Méditerranée: Section 11: Sessions et posters – The Bronze Age in Europe and the Mediterranean: general sessions and posters*. Oxford: British Archaeological Reports, pp. 63–67 (BAR International Series 1337)
- KARAVANIĆ, S. (2014) – Kalnik-Igrišće and Beginning of the Urnfield Culture in northwestern Croatia, In LOŽNJAK-DIZDAR, D; DIZDAR, M. (eds.) – *The Beginning of the Late Bronze Age between*

- the eastern Alps and the Danube*. Zagreb: Institut za arheologiju, pp. 209–217 (Zbornik Instituta za arheologiju u Zagrebu/Serta Archeologici 1)
- KIEKEBUSCH, A. (1912) – Die Vorgeschichte der Mark Brandenburg. In MIELKE, R.; SCHULENBURG, W. von; LOHRE, H.; KIEKEBUSCH, U. (eds.) – *Landeskunde der Provinz Brandenburg*. Berlin: Reimer, pp. 345–458
- KLENGEL, H. (1995) – Handel und Tausch in den Schriftquellen des Alten Orients. In HÄNSEL, B. (eds.) – *Handel, Tausch und Verkehr im bronze- und früheisenzeitlichen Südosteuropa*. München, Berlin: Südosteuropa-Gesellschaft, pp. 39–48 (Prähistorische Archäologie Südosteuropas 11)
- KÖNIG, P. (2004) – *Spätbronzezeitliche Hortfunde aus Bosnien und der Herzegowina*. Stuttgart: Steiner (Prähistorische Bronzefunde XX, 11)
- KYTLICOVÁ, O. (2007) – *Jungbronzezeitliche Hortfunde in Böhmen*. Stuttgart: Steiner (Prähistorische Bronzefunde XX, 12)
- MAYER, E. F. (1977) – *Die Äxte und Beile in Österreich*. München: Beck (Prähistorische Bronzefunde IX, 9)
- MOZSOLICS, A. (1985) – Bronzefunde aus Ungarn. Depotfundhorizonte Aranyos, Kurd und Gyermely. Budapest: Akademiai Kiadó.
- NESSEL, B. (2008) – Zu Gliederung und Verwendungsmöglichkeiten bronzener Tüllenhammer der jüngeren Bronzezeit im Karpatenbecken. *Mitteilungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte* 29, pp. 71–81
- NESSEL, B. (2009) – Bronzenes Spezialgerät. Ein Metallhandwerkerdepot im Berliner Museum für Vor- und Frühgeschichte. *Acta Archaeologica et Praehistorica* 2009, pp. 37–65
- NESSEL, B. (2009a) – Funktionelle Aspekte der bronzenen Sägeblätter in der späten Bronze- und Urnenfelderzeit im Karpatenbecken. *Analele Banatului* 17, pp. 239–259
- NESSEL, B. (2010) – Bronzene Sägeblätter- Handhabung und Konzeption im Lichte experimental-archäologischer Versuche. *Apulum* 47, pp. 41–56
- NESSEL, B. (2012) – Hervorgehobene oder verborgene Identität? Zu Ausstattungsmustern von Metallhandwerkergräbern. In HESKE, I.; HOREJS, B. (eds.) – *Bronzezeitliche Identitäten und Objekte*. Bonn: Habelt GmbH, pp. 55–74 (Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 221)
- NESSEL, B. (2012a) – Metallurgen im Grab – Überlegungen zur sozialen Einstufung handwerklicher Spezialisten. In KIENLIN, T. L.; ZIMMERMANN, A. (eds.) – *Beyond Elites. Alternatives to Hierarchical Systems in Modelling Social Formations*. Bonn: Habelt GmbH, pp. 423–432 (Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 215)
- NESSEL, B. (2013) – The ‘Absence’ of Smiths and Founders – Why Tools Are Rare in Bronze Age Burials. In: REZI, B.; NÉMETH, R.; BERECKI, S. (eds.) – *Bronze Age crafts and craftsmen in the Carpathian Basin*. Târgu Mureş: Editura Mega, pp. 139–148 (Bibliotheca Musei Marisiensis, Seria Archaeologica VI)
- NESSEL, B. (2014) – Werkzeuge zur Produktion von Metallobjekten und weitere Geräte aus der Trojanischen Sammlung in Berlin. In WEMHOFF, M.; HERTEL, D.; HÄNSEL, A. (eds.) – *Heinrich Schliemanns Sammlung Trojanischer Altertümer-Neuvorlage, Bd. 2 Untersuchungen zu den Schatzfunden, den Bronzeartefakten, der Gusstechnik, den Gefäßmarken und den Bleigewichten*. Berlin: Staatliche Museen zu Berlin, pp. 205–276 (Berliner Beiträge zur Vor- und Frühgeschichte, N. F. 18)
- NESSEL, B. (2019) – *Der bronzezeitliche Metallhandwerker im Spiegel der archäologischen Quellen*. Bonn: Habelt GmbH (Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie)
- PARET, O. (1954) – Ein Sammelfund von steinernen Bronzegussformen aus der späteren Bronzezeit. *Germania* 32, pp. 7–10
- PETRESCU-DÎMBŌVIȚA, M. (1978) – *Die Sicheln in Rumänien mit Corpus der Jung- und spätbronzezeitlichen Horte Rumäniens*. München: Beck (Prähistorische Bronzefunde XVIII, 1)
- PITTIONI, R. (1938) – *Österreichs Urgeschichte im Bilde*. Leipzig und Wien: Deuticke
- PRYAKHIN, A. D. (1986) – *Archeologičeskie pamjatniki épochi bronzы vostočnoevropejskoj lesostepi*. Voronezh
- ŘÍHOVSKÝ, J. (1992) – *Die Äxte, Beile, Meissel und Hämmer in Mähren*. Stuttgart: Steiner GmbH (Prähistorische Bronzefunde IX, 17)
- RUSU, M. (1981) – Bemerkungen zu den grossen Werkstätten- und Giessereifunden aus Siebenbürgen. In LORENZ, H. (eds.) – *Studien zur Bronzezeit. Festschrift für Wilhelm Albert v. Brunn*. Mainz: von Zabern, pp. 375–402
- SMODIĆ, A. (1955) – Bronaste depojске najdbe v Cermozisah in severovzhodni Sloveniji. *Arheološki Vestnik* 6, pp. 82–88

- THEVENOT, J.-P. (1998) - Un outillage de bronzier : Le dépôt de La petite Laugère, à Gévelard (Saône-et-Loire, France). In MORDANT, C. ; PERNOT, M. ; RYCHNER, V. (eds.) - *L'atelier du bronzier en Europe du XXe au VIIIe siècle avant notre ère. Du minerai au métal, du métal à l'objet de l'âge du Bronze*. Paris : CTHS, pp. 123-144 (Documents préhistoriques 10)
- TERŽAN, B. (1983) - Das Pohorje-Ein vorgeschichtliches Erzrevier? *Arheološki Vestnik* 34, pp. 51-84
- WANZEK, B. (1989) - Die Gussmodel für Tüllenbeile im südöstlichen Europa. Weimar : Habelt (Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 2)

Le discret atelier de bronzier du XII^e siècle avant notre ère de la « Rue du Bouquet » à Montélimar (Drôme) : protocole de fouille et premiers résultats

Sylvie Cousseran-Néré¹, Eric Néré², Marilou Nordez³
avec la collaboration de Linda Boutoille⁴

Abstract

In 2015, a rescue excavation undertaken on the site of “La Rue du Bouquet” at Montélimar has given a dwelling with several levels of occupation range between the Middle Neolithic and the Antiquity. In this context, a metalworker workshop has been identified and has given an important corpus of metal and lithic artefacts. The aim of this paper is to present the methodology of the excavation and the first results.

Keywords

LATE BRONZE AGE, METALWORKER WORKSHOP, MONTÉLIMAR, FRANCE

Résumé

En 2015, une fouille préventive entreprise sur le site de la « Rue du Bouquet » à Montélimar a livré différents niveaux d'un habitat polyphasé allant du Néolithique moyen à l'Antiquité. Au sein de cet ensemble, un atelier de l'âge du Bronze final a été identifié et a livré un important mobilier métallique et lithique. Le but de ce papier est d'en présenter le protocole de fouille et les premiers résultats.

Mots clés

BRONZE FINAL, ATELIER DE MÉTALLURGISTE, MONTÉLIMAR, FRANCE

Introduction

Située au nord-est de la commune de Montélimar (Drôme) (Figure 1), la fouille du site de la « Rue du Bouquet » a été réalisée entre avril et novembre 2015 sur une surface de 8 000 m². Le site, en grande partie stratifié, livre différents niveaux d'un habitat polyphasé avec des occupations s'étalant du Néolithique moyen à l'Antiquité. Cependant, l'intérêt principal de l'intervention a porté sur les occupations de l'âge du Bronze dont les décapages ont permis de préciser la continuité sur plus de 13 siècles, du Campaniforme au Bronze final.

Plusieurs secteurs denses en vestiges ont été privilégiés avec des fenêtres réservées à la fouille fine, représentant une surface cumulée de 800 m², qui ont livré plus de 16000 pièces cotées (céramique, faune, macro-lithique, silex, bronze). Deux secteurs particuliers illustrent le degré remarquable de conservation du site, dont un ayant livré un atelier de bronzier.

Devant l'importance du site, une partie de la parcelle a pu être mise en réserve par remblaiement avec une protection des vestiges laissés in situ.

¹ Sylvie Cousseran-Néré (Inrap Auvergne Rhône Alpes, UMR 8215, Trajectoires). Inrap - Centre de recherches archéologiques de Valence. 6-10 rue Jean Bertin BP 18. 26901 Valence cedex 9. sylvie.cousseran-nere@inrap.fr.

² Eric Néré (Inrap Auvergne Rhône Alpes, UMR 5138, ARAR). Inrap - Centre de recherches archéologiques de Valence. 6-10 rue Jean Bertin BP 18. 26901 Valence cedex 9. eric.nere@inrap.fr

³ Marilou Nordez Laboratoire TRACES, équipe RHADAMANTE. Université de Toulouse - Jean Jaurès. 5 allée Antonio Machado. 31058 TOULOUSE Cedex 9. marilou.nordez@gmail.com

⁴ Linda Boutoille, Archaeology & Paleocology, School of Natural and Built Environment, Queen's University, Belfast, UK. l.boutoille@qub.ac.uk

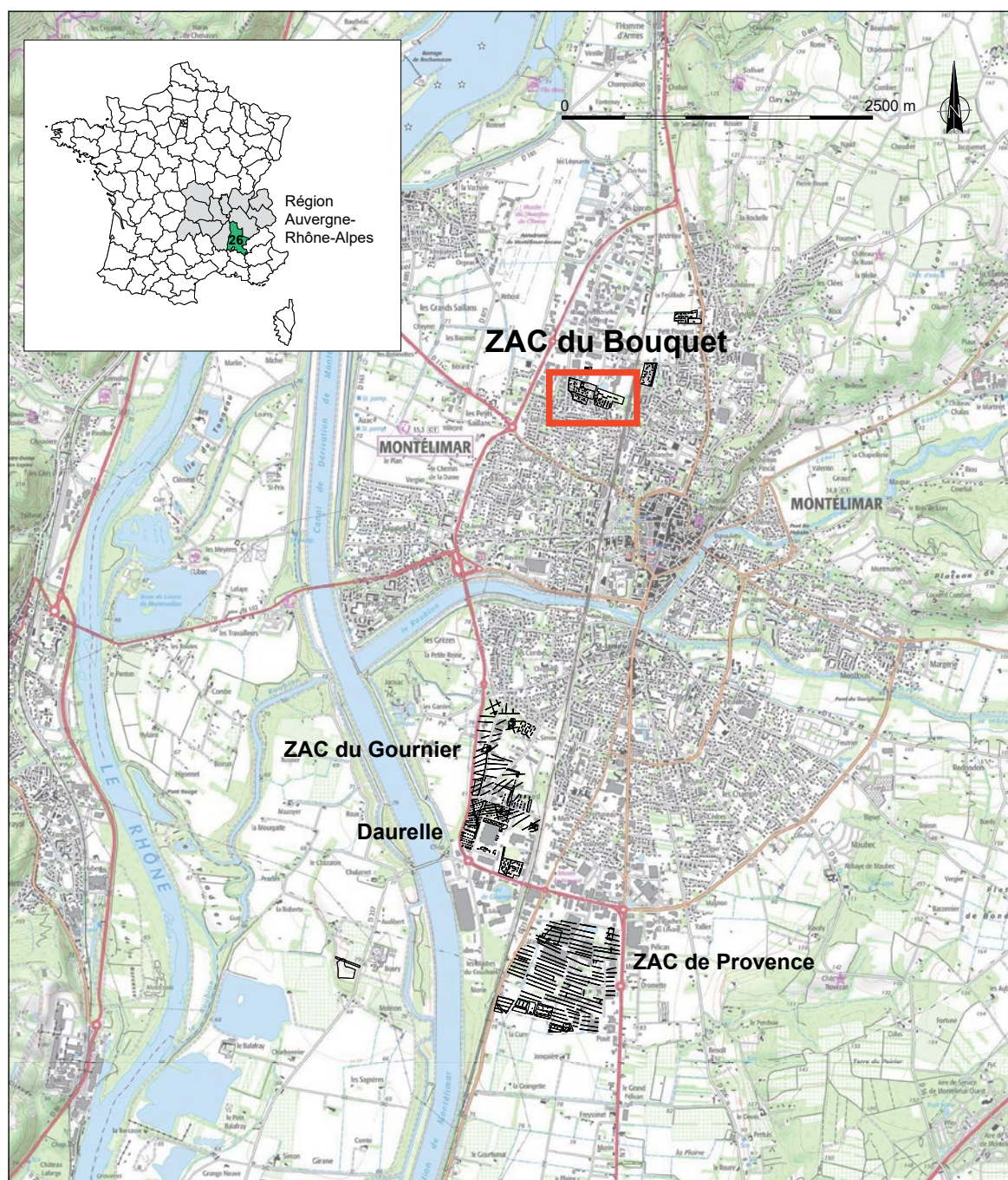


Figure 1. Localisation des principales opérations archéologiques de Montélimar (Drôme) concernées par l'âge du Bronze entre 1980 et 2015

Le site de la Rue du Bouquet à Montélimar (Drôme, France) : un habitat polyphasé

L'atelier de bronzier : mise en place d'un protocole d'étude spécifique

Au sud-ouest du site (Figure 2), le niveau de sol, daté par la céramique du Bronze final IIa, a livré de nombreux objets qui ont permis de mettre en évidence une zone de travail consacrée à la métallurgie du bronze. Cette découverte *in situ* des témoins identifiants d'un « atelier de bronzier » est exceptionnelle et demeure encore trop rare en France. Cependant, sans une conservation remarquable de ces niveaux et un protocole de fouille exhaustif et adapté, cet atelier n'aurait pas pu être étudié.



Figure 2. Localisation des objets en bronze, des fragments d'objets et des éléments de coulées

Protocole général de fouille

Il apparaît important de revenir sur le protocole de fouille mis en place spécifiquement pour ce site. Dans certaines zones choisies du niveau bien conservé, après décapage mécanique, un nettoyage manuel en plan a été effectué par passes de 5 à 10 cm pour atteindre les fortes densités des niveaux de sols. Durant cette phase, les fragments de vases, les silex et les éléments de faune ont été mis en sac par m² (Figure 3) pour éviter leur éparpillement ; la position des objets en alliage cuivreux a été marquée par une étiquette « fantôme » pour éviter leur dégradation.

Le protocole de traitement des niveaux de sol a été appliqué de façon homogène sur toutes les zones tests et au total, un peu moins de 16 500 pièces (notées PI pour Pièces Isolées) ont été géoréférencées, pour les 800 m² des zones tests, soit plus de 9 % de l'emprise totale.

Le protocole suivant a ensuite été appliqué uniformément : des sachets étiquetés sont préparés pour recevoir les objets ; puis chaque artefact est mis en sachet et les informations archéologiques suivantes sont rentrées sur un ordinateur-tablette : le type de la PI (céramique, silex, faune, alliage cuivreux...), la passe dont elle est issue, la zone et le secteur, la date et une description de terrain si nécessaire. Ce listing numérique, obtenu dès la phase de terrain, a servi de canevas pour le Système d'Information Géographique (SIG) établi en phase d'étude.

La troisième étape a consisté en un relevé topographique pour géoréférencer toutes les PI mises en sacs et les trier par type au fur et à mesure. Les pièces étaient levées dans l'ordre numérique, cochées sur le listing (pour suivi) et leur type était vérifié afin de permettre leur regroupement



Figure 3. photographie d'un niveau de sol après mise en sachets et avant relevé topographique - cliché F. Notier (Inrap)

pour le conditionnement de terrain (le tri *a posteriori* s'avérant plus long). Ce système permettait également d'ajouter un contrôle supplémentaire pour vérifier les éventuelles erreurs de saisie.

Pour finir, les pierres dont l'apport sur le site est anthropique, mais qui n'ont pas servi d'outils ont été géoréférencées pour « mappage » de plan sans être prélevées.

Une fois le protocole parfaitement maîtrisé, il a ainsi été possible de relever 100 points PI en moins de 15 minutes pour des sessions de 2500 PI/jours.

Protocole complémentaire de l'atelier de bronzier

Lors du nettoyage manuel de la zone/secteur C4, la présence de nombreux objets et restes en alliage cuivreux, ainsi que la mise au jour d'un gros fragment de terre cuite présentant des traces de cuivre, ont constitué les premiers indices de la présence d'un atelier lié à la métallurgie du bronze. La surreprésentation de charbons de bois par rapport aux autres secteurs a confirmé cette hypothèse, ce qui a motivé un renforcement du protocole initial.

De ce fait, un carroyage implanté dans ce secteur, a servi à :

- réaliser des orthophotographies à l'aide d'une potence, le carroyage permettant de corriger la distorsion due à la distance focale de l'objectif. Les niveaux de sols ont ensuite été dessinés à partir de ce relevé ;
- organiser une station de flottation / tamisage pour le traitement des prélèvements sédimentaires effectués par quart de m² sur l'équivalent de la passe 2 et 3 (de 5 à 20 cm d'amplitude), notamment autour des PI 1246 et 1247 (fragments de moules). Ils ont été traités, sur le terrain, par flottation (obtention des charbons de bois pour l'analyse

anthracologique) et par tamisage (obtention des rejets liés à l'activité métallurgique) afin de prélever les restes malacologiques et carpologiques pour étude.

Analyse des structures en creux

Après démontage des niveaux de sols, un nouveau décapage mécanique a été effectué sur les surfaces traitées selon ce protocole. En effet, les niveaux de sols « nappent » généralement les zones de fouille et un nouveau décapage révèle au mieux les structures excavées dans le substrat.

Dans ce secteur, deux ensembles contemporains de l'atelier se distinguent. Tout d'abord, une grande palissade nord/sud, se compose de plusieurs dizaines de poteaux et le plus grand nombre d'artefacts se trouvent à l'ouest alors que les objets, fragments et gouttelettes d'alliages cuivreux se trouvent principalement à l'est. Malheureusement, l'étroitesse de la fenêtre de fouille ne permet pas de proposer une fonction à cette palissade.

Un second ensemble de trous de poteaux et de tranchées de fondations, détermine un bâtiment de 21 m², orienté est-ouest. Au moins deux pièces s'y distinguent avec une petite annexe au sud-est et deux entrées semblent possibles au sud, renforcées par un groupe de doubles poteaux (Figure 2). L'intérieur du bâtiment se distinguait déjà lors du prélèvement des PI car dans ce secteur, la densité des artefacts est bien inférieure à celle observée à l'extérieur, indice de l'existence d'un plancher ou bien d'un sol en terre battue régulièrement nettoyé. Les parois ont été en partie détectées à l'est et au nord-est du bâtiment. La pièce, à l'ouest, devait être en partie ouverte car elle contenait beaucoup de fragments d'objets qui ne la distinguent pas du reste du sol environnant. Elle pouvait être une pièce dédiée au travail artisanal ou pour la cuisine. Sur son sol, de nombreux fragments de terre cuite délimitent un espace rectangulaire, restes potentiels d'une sole-foyer. Cette dernière a dû servir à de multiples fonctions comme en témoignent les fragments de faune surcuits répartis tout autour. Le bâtiment se trouve à moins de deux mètres de la palissade, probablement près d'une entrée.

Le mobilier découvert dans l'atelier

Les objets en alliages à base de cuivre

Les éléments en alliage à base de cuivre représentent un total de 336 objets complets, fragments et résidus liés à l'activité métallurgique, pour une masse d'environ 460 grammes. Le tableau 1 résume la distribution de ces éléments au sein de différentes catégories fonctionnelles. Le NMI est de 65 objets pour les 79 fragments ayant pu être identifiés ; ce décompte excluant les résidus informes, déchets de fonderie et fragments non identifiés.

Parures et éléments du costume

Les éléments de parure et de vêtement correspondent à la catégorie fonctionnelle la mieux représentée, aussi bien en termes de nombre de restes (40) que du nombre minimum d'individus (33) ou de la masse (232 g). Les épingles y sont d'ailleurs largement majoritaires, avec un minimum de 11 exemplaires parmi lesquels :

- trois à tête bitronconique (Figure 4, n° 1) ou cylindro-bitronconique ornée (Figure 4, n° 2) ;
- trois à tête enroulée (Figure 4, n° 3), dont une témoignant d'une étape intermédiaire de la mise en forme (Figure 4, n° 4). Il semblerait que l'une des extrémités ait été martelée jusqu'à obtenir une bande fine, destinée à être enroulée pour former la tête, probablement autour d'une tige retirée par la suite. Cette opération semble avoir ici échoué, et auraient alors été suivie d'une déformation volontaire de l'objet (coups portés sur plusieurs endroits de la tige) avant de le rejeter ;

Tableau 1. Inventaire du mobilier métallique de Montélimar par catégories fonctionnelles selon le nombre de restes (NR), le nombre minimum d'individus (NMI) et la masse (en grammes).

	Montélimar "Rue du Bouquet"		
	NR	NMI	Masse (g)
Epingles	21	11	206
Parures annulaires	9	6	14
Pendeloques	3	3	3
Perle hélicoïdale	1	1	4
Boucle de ceinture?	1	1	3
Boutons/cabochons	2	2	2
Rasoir	1	1	2
Faucilles	3	1	31
Ciselets/poinçons	12	10	30
Pointes de flèches	2	2	5
Surplus de coulée	2		3

- une à tête en massue, dont la tête est perforée au centre (Figure 4, n° 5). Cet élément paraît archaïque par rapport au reste du mobilier : les épingles à tête en massue perforée sont plutôt caractéristiques du début du Bronze moyen (Bz B1 de P. Reinecke ; David-Elbiali 2000 : 166-168 ; ill. 69, n° 15) ;
- une à petite tête globulaire dont le sommet est orné de deux cercles concentriques, qui pourrait éventuellement correspondre à une matrice pour impression sur une matière malléable (Figure 4, n° 6) ;
- une à tête côtelée courte et sommet concave (Figure 4, n° 7).

Notons que huit fragments de tige rectiligne à section circulaire, dont le diamètre correspond à celui des tiges des épingles encore dotées de leur tête, ont été comptabilisés comme épingles, bien que certains aient pu n'être en fait que des fragments de poinçons ou d'autres objets. Ce choix repose sur l'observation des objets dont la fonction a pu être déterminée : aucun des poinçons et ciselets ne possède de tronçons à section circulaire de longueur aussi importante que ces fragments. Certains poinçons auraient en revanche pu être aménagés sur des tiges d'épingle mises en forme par martelage.

Bien qu'aucun élément ne permette d'envisager leur fabrication sur place, l'étude macroscopique des épingles à tête bitronconique et cylindro-bitronconique décorées indique la technique de la fonte à la cire perdue. Le très faible nombre de moules retrouvé à Montélimar ne vient pas contredire cette hypothèse : les moules en céramique ne laissent en effet que des vestiges extrêmement ténus, étant cuits à basse température et brisés pour la récupération de l'objet. Si les fragments sont laissés à l'air libre, dans une zone de passage fréquemment piétinée ou exposée à la pluie, il ne subsiste aucun vestige identifiable après seulement quelques jours, ainsi que les expérimentations tendent à démontrer (Nordez 2016). Dans l'hypothèse où cette technique a été effectivement utilisée à Montélimar, les ciselets et les poinçons peuvent aussi avoir été employés pour travailler la cire.



Figure 4. Les principaux types d'épingles - Clichés M. Nordez
 1. Détail de la tête et du col ornés d'une très longue épingle (33,4 cm) à tête bitronconique
 2. Epingle à tête cylindro-bitronconique ornée
 3. Epingle à tête enroulée
 4. Epingle inachevée, dont l'enroulement de la tête a échoué
 5. Epingle à tête en massue et perforation centrale de la tête
 6. Epingle à petite tête globulaire dont le sommet est orné de 2 cercles concentriques
 7. Epingle à tête

Les autres éléments de parure sont notamment représentés par quelques fragments de parures annulaires (bracelet torsadé), une perle hélicoïdale (Figure 5, n° 7), ou encore deux boutons.

Un élément plutôt insolite, pour lequel nous n'avons trouvé aucun élément de comparaison, ressemble à une boucle de ceinture, dont les dimensions seraient cependant très réduites (Figure 5, n° 9). Dans cette hypothèse, les deux pointes seraient destinées à être fichées dans du cuir ou autre matière souple. Sa position stratigraphique ne laisse pas de doute quant à sa contemporanéité avec le reste du mobilier, et sa régularité écarte l'idée d'un déchet de fonderie.

Éléments de toilette

L'unique élément de toilette identifié est un rasoir courbe à tranchant unique (Figure 5, n° 4), tout à fait similaire à certains exemplaires mis au jour à Hauterive-Champréveyres (Rychner-Faraggi 1993 : pl. 42, n°s 21-22, 25).

S'y ajoutent peut-être deux anneaux à section triangulaire prolongés par le départ d'une tige (Figure 5, n° 8), qui pourraient avoir appartenu à un rasoir (Rychner-Faraggi 1993 : pl. 42, n° 20),



Figure 5. Echantillon représentatif du mobilier métallique de l'atelier de bronzier de la « Rue du Bouquet » à Montélimar (deux faces sont documentées pour les objets n^{os} 4 à 6, 10 à 12 et 15 à 17). Clichés et DAO M. Nordez.

1. Pointe de faucille de type indéterminé et extrémité de faucille à bouton, appartenant ou non à un même individu
- 2 et 3. Poinçon rectiligne et poinçon courbe
4. Rasoir à tranchant unique
- 5 et 6. Pointes de flèches de type Le Bourget et à ailerons courbes et pédoncule dégagé
7. Perle hélicoïdale
8. Anneau appartenant certainement à une pendeloque
9. Possible boucle de ceinture
- 10 à 12. Anneaux
13. Élément indéterminé, possible fragment de moule en bronze pour tiges très fines
- 14 et 15. Surplus de métal interprétés comme étant issus de moules pour faucilles
16. Petit fragment d'or

mais également à des pendeloques. C'est d'ailleurs cette dernière hypothèse qui a été retenue au sein de l'inventaire (Tableau 1).

Outils

Parmi les outils, plusieurs peuvent être liés à l'activité métallurgique, mais également à l'artisanat du bois, du textile, de l'os ou encore de la céramique : c'est notamment le cas des dix poinçons et ciselets (NR = 12) de formes et de dimensions variées (Figure 5, n^{os} 2 et 3). Les extrémités actives de ces outils sont très altérées pour la plupart, ce qui limite fortement les observations tracéologiques. Pour certains, des traces ligneuses fossilisées dans la corrosion indiquent qu'ils étaient initialement emmanchés.

Un élément indéterminé pourrait éventuellement venir s'ajouter à la catégorie des outils de métallurgiste : il s'agit d'une pièce dont la forme initiale est difficilement restituable, dans laquelle trois creux parallèles fins et allongés peuvent être discernés (Figure 5, n^o 13). Nous proposons pour l'instant d'y voir un fragment de moule en bronze, les creux étant les négatifs des objets à produire, dont la nature est difficilement déterminable vu la modicité de la taille du fragment.

Trois fragments de faucilles, qui appartenaient peut-être initialement à un même objet mais sans que cela puisse être affirmé, étaient disséminés sur le site : l'un de pointe, l'autre de lame avec une nervure mais sans bords conservés, et le troisième de manche doté d'un bouton (Figure 5, n^o 1).

L'armement

L'armement est aussi faiblement représenté soit deux pointes de flèches, l'une de type Le Bourget (Figure 5, n^o 5) et l'autre à ailerons incurvés et pédoncule dégagé (Figure 5, n^o 6). Bien que l'importante corrosion altère la lecture, la première est très irrégulière et son extrémité est mousse. Les flèches de type "Le Bourget" sont en général retaillées dans des tôles et non pas fondues, mais ce ne semble pas être le cas ici. La seconde, plus régulière, est également asymétrique : l'un des ailerons est incomplet, sans qu'aucune cassure n'ait été identifiée.

Les anneaux

Les anneaux, également bien représentés (18 individus), sont ici considérés comme formant une catégorie à part entière. Ce choix de les isoler s'explique par la difficulté à restituer leurs fonctions : il peut s'agir d'éléments de suspension, de ceinture, mais aussi de demi-produits employés comme supports d'échanges ou de réserves de matière première. Ces deux dernières hypothèses sont assez séduisantes à Montélimar, bien que leur quantité et leur masse soient peu importantes, mais il est clair que l'essentiel du métal présent sur le site a été emporté. En effet, les anneaux sont dans l'ensemble assez irréguliers, parfois inachevés (des bavures de coulée non régularisées indiquent l'emploi d'un moule à deux pièces, mais le cône de coulée a systématiquement été retiré), voire retrouvés sous forme de demi-anneaux (anneaux incomplets sur lesquels aucune cassure n'est visible, qui peuvent aussi résulter d'une refonte). Par ailleurs, à Hauterive-Champréveyres, sept anneaux n'étaient pas en bronze, mais en cuivre ou en étain pur, ou encore en alliage étain-plomb à étain dominant (Rychner-Faraggi 1993 : 57). Bien que plusieurs raisons puissent être invoquées pour expliquer ces alliages particuliers, la piste de réserves de matière première est assez tentante. Cependant, les analyses étant encore en cours sur les objets et résidus de fonderie de Montélimar, nous ne pourrions expliciter davantage ces propositions.

Déchets et résidus de fonderie : premières observations

Les déchets et résidus liés à la métallurgie étant encore en cours d'étude par C. Le Carlier de Veslud, il ne sera ici question que de quelques éléments ayant d'ores et déjà pu être identifiés. Tout d'abord, notons que plusieurs déchets ont pu être considérés comme des résidus scoriacés,

résultant de la fonte de cuivre ou d'un alliage à base cuivre. Il ne s'agit pas d'éléments en lien avec la réduction du minerai, les sites de réduction connus témoignant que cette opération a lieu à proximité directe des gisements d'extraction : en effet, le minerai est lourd et la quantité de métal à en tirer peu importante (Pernot 1998 : 123). Le cuivre circule donc déjà épuré, sous forme de lingots, de demi-produits ou d'objets divers. Ce constat est corroboré par l'absence de gisement de cuivre à proximité directe du site, le plus proche identifié à ce jour se trouvant à près d'une centaine de kilomètres.

Deux éléments fournissent directement une information sur le type d'objet qui a pu être coulé dans cet atelier de bronzier de Montélimar : il s'agit de deux fragments de forme subtriangulaire et à section également subtriangulaire, le plus petit côté du triangle correspondant à une cassure ancienne (Figure 5, n° 14-15). Dans la station littorale en partie contemporaine de Hauterive-Champréveyres, avec laquelle la typologie des objets retrouvés à Montélimar présente plusieurs points communs, A.M. Rychner-Faraggi a identifié des éléments similaires, dont elle propose une interprétation très convaincante : il s'agirait de surplus de métal liés aux moules pour faucilles, dans lesquels serait ménagée une cavité de forme allongée, située sous le milieu du tranchant. Cette dernière permettrait une meilleure circulation du métal dans le moule en évitant les vides de coulée (Rychner-Faraggi 1993 : 22, fig. 7 et 8d). À Hauterive-Champréveyres, une cavité de ce type a été identifiée dans un moule en molasse et l'une des pièces subtriangulaires en bronze du site s'y imprime parfaitement.

Notons que s'ajoute à ces éléments un minuscule fragment d'objet indéterminé en feuille d'or : sa face inférieure est plane et un léger rebord est visible sur sa face extérieure. Il s'agit du seul bord d'origine de l'objet qui soit conservé, les trois autres côtés correspondant à des cassures (Figure 5, n° 16).

Comparaisons et positionnement chronologique

Au sein du mobilier de la rue du Bouquet, les objets complets sont minoritaires et sont presque uniquement des éléments de parure, de vêtement ou de toilette, auxquels s'ajoutent les deux pointes de flèche (Figure 2, n° 5 et 6), huit des dix ciselets et poinçons, ainsi que 18 anneaux. Tous les autres éléments sont fragmentés et correspondent presque tous à moins de la moitié de l'objet complet.

Les objets de l'atelier de bronzier de Montélimar ayant pu être positionnés typologiquement sont relativement peu nombreux. Un premier parallèle relativement tenu peut par exemple être proposé avec le dépôt contemporain gardois de Castelnau-Valence, par la présence de faucilles à bouton ou encore d'une pointe de flèche de type Le Bourget, associées à des tiges variées et plusieurs déchets de fonderie (Dedet, Bordreuil 1982). De même dans les dépôts de Cannes-Ecluse, Seine-et-Marne (Gaucher, Robert 1967), qui ont livré des fragments de faucille à boutons ainsi que des anneaux de pendeloques ou de rasoirs comparables à ceux de Montélimar (Figure 2, n° 8).

Comme l'a énoncé M. David-Elbiali au sujet du Bronze final nord-alpin, les épingles constituent « le meilleur fil conducteur de la culture matérielle », à la fois par leur fréquence dans différents contextes (habitats, dépôts, funéraires) et par la large répartition géographique de la plupart des types (David-Elbiali 2013 : 185). Les exemplaires de la rue du Bouquet dont la tête est conservée sont essentiellement à têtes cylindro-bitronconique, bitronconique et à tête enroulée. Ces trois types répondent à une partie de ceux composant le dépôt de Villethierry, Yonne (Mordant *et al.* 1976 ; Mordant 2007). Les trois épingles à tête cylindro-bitronconique et bitronconique (Figure 4, n° 1 et 2) sont d'ailleurs exactement similaires à celles de Villethierry, que ce soit concernant leur morphologie ou leur ornementation (Mordant *et al.* 1976 : fig. 86-87). Quelques fragments de faucilles à boutons, de pendeloques, des poinçons et déchets de fonderie viennent conforter la validité de ce parallèle, pour des objets attribuables au Bronze final IIa (Ha A1).



Figure 6. photographie d'un fragment de manche de creuset en céramique - cliché F. Notier (Inrap)



Figure 7. photographie d'un fragment de tuyère à bouche en terre cuite - cliché F. Notier (Inrap)

Bien qu'il soit beaucoup moins conséquent, le corpus métallique de la rue du Bouquet n'est pas sans rappeler celui de la station littorale suisse de Hauterive-Champréveyres, et notamment de sa phase d'occupation la plus ancienne (Rychner-Faraggi 1993). Des parallèles typologiques intéressants peuvent être établis, notamment concernant les épingles à tête bitronconique, les pointes de flèches ou encore le rasoir courbe à tranchant unique. Le reste du mobilier, comme les épingles à tête enroulée, les ciselets, les poinçons et les anneaux, est beaucoup plus ubiquiste car ces éléments sont produits et utilisés durant la totalité du Bronze final, tout au long du Ha A et B. Le site de Hauterive-Champréveyres a fait l'objet de datations dendrochronologiques sur les bois conservés, et les objets comparables à ceux de Montélimar proviennent des occupations datées du Ha A2-B1 / Bronze final IIb-IIIa.

Ces différents éléments incitent à positionner le fonctionnement de l'atelier de bronzier de la rue du Bouquet au cours du Bronze final IIa mais les objets typologiquement bien identifiés sont trop peu nombreux et souvent trop ubiquistes pour proposer une datation plus précise de l'atelier d'après le seul mobilier métallique. Il en ressort néanmoins que des faucilles ont visiblement été coulées sur le site.

Il s'agit d'un ensemble tout à fait exceptionnel, à la fois par la qualité de conservation des sols et bâtiments en lien avec cet atelier. La collecte exhaustive des résidus d'alliage à base de cuivre et l'enregistrement précis de la totalité des objets et fragments permettront une analyse fine de la répartition spatiale des vestiges, dont les résultats sont encore en cours de traitement.

Les fragments de terre cuite en lien avec la métallurgie

L'analyse des objets en alliage cuivreux semblant démontrer la proximité d'un four de bronzier, on s'attendrait donc à trouver de nombreux fragments de terres cuites et de moules. La première constatation est que ces fragments sont plutôt rares et ne forment, en tout cas, pas une concentration visible en l'état.

Cependant, étant donné cette concentration de mobilier métallique, nous avons étudié en détail les fragments de terre cuite pouvant se rapporter à la métallurgie et plus particulièrement à la fonte. Ainsi, quelques fragments d'objets témoignent directement de cette activité. Tout d'abord, il existe un conglomerat de terre cuite mélangé à des témoins de coulées de cuivre qui se localisent au centre de l'activité. Ensuite, au moins un fragment de manche de creuset a été identifié (Figure 6). Il est en céramique assez fine et a été fabriqué pour cette seule activité. Ensuite, la moitié longitudinale d'une tuyère de soufflet à bouche (7 cm de longueur et 4 cm de diamètre) a été retrouvée (Figure 7). Une de ses extrémités est très altérée par la présence proche de l'objet avec

Tableau 2. Inventaire du mobilier lithique de Montélimar par catégories fonctionnelles.

Outils percutants	14
Supports de frappe	2
Outils abrasifs	7
Objet indéterminé	1

le feu. Il a dû être moulé directement sur la tige dans laquelle le fondeur a soufflé. Enfin, plusieurs objets en terre cuite présentent des traces de surchauffe avec des formes régulières montrant qu'il s'agit de fragments de moules. Plusieurs de ces petits fragments ont piégé des gouttelettes d'alliages cuivreux. La terre cuite est en partie vitrifiée, à cause des montées très violentes en température.

Les outils en pierre d'un artisan bronzier

L'atelier est le lieu précis où les artisans fabriquent les objets à partir de matériaux métalliques selon différentes étapes de fabrication qui conduisent de l'alliage à l'objet fini. Devant la rareté des ateliers de bronzier, il est important de présenter tous les outils lithiques présents qui ont pu avoir une fonction au sein de la chaîne opératoire de travail du métal.

D'une façon générale, la fabrication d'un objet métallique s'effectue en une succession de nombreuses phases incluant, en fonction de l'objet produit, des étapes de fonte, de déformation plastique, de décoration, d'assemblage et de finition

Si les Bronze ancien et moyen voient la mise en place des techniques de travail pour les alliages à base de cuivre, au Bronze final, les compétences métallurgiques sont maîtrisées parfaitement (Pernot 1999).

Le corpus provenant de la fouille de l'atelier comprend un total de 25 outils (Boutoille Cousseran-Néré 2018) intervenant dans une ou plusieurs étapes de la chaîne opératoire de transformation (tableau 2 inventaire pièces simplifié)

Les outils de percussion

La déformation plastique se fait par le martelage de pièces métalliques avec un outil de percussion, le marteau, sur une table de travail, l'enclume. Son but est généralement de mettre en forme un objet ou de réaliser une tôle par exemple. Parmi, les 14 outils de percussion, on distingue au moins deux types à l'origine de frappes d'intensités différentes : deux percuteurs de forme ovoïdes en roche massive tenace (quartz) façonnés sur galets et douze percuteurs de forme généralement ovoïdes en roche grenue dont les grains varient de fins à grossiers (cinq en grès et sept en quartzite et deux ont servi pour de la percussion de finition)

. La matière première utilisée est liée au type de percussion recherché et le matériau fait l'objet d'un choix spécifique en fonction des propriétés physiques et mécaniques de la roche en fonction de l'usage futur.

Aucune classe de dimension ou de masse ne ressort du lot, puisque les masses pour les pièces entières sont comprises entre 0,058 et 0,54 kg. Les longueurs, les largeurs et les épaisseurs sont comprises de 5,5 à 10 cm, de 4,6 à 7,8 cm et de 3,1 à 6 cm. Ces outils percutants présentent, sur une ou deux extrémités et/ou des flancs, des surfaces de travail convexes avec des éclats punctiformes et des traces d'écrasement dues à une percussion lancée directe. Elles sont très régulières et concentrées sur une zone précise et ces percuteurs ont été utilisés sur des matières dures comme le métal. Ces outils ont pu servir pour l'ébarbage des objets bruts de coulée, la régularisation et/ou l'aplanissement des lames d'outils et armes en bronze après coulée. En fonction de la granulométrie



Figure 8. exemple d'outil de percussion pour la percussion de finition - cliché S. Cousseran-Néré et L. Boutoille (Inrap)



Figure 9. type de percuteurs en quartzite en contexte d'atelier - cliché S. Cousseran-Néré et L. Boutoille (Inrap)

du support, la finesse de frappe semble varier et plus la surface active sera régulière et homogène, plus la régularisation de l'épaisseur de la tôle sera soignée. Enfin, malgré la finesse de certaines surfaces de travail, l'utilisation de roches grenues implique une certaine irrégularité, même minime, ce qui exclut le travail de métaux précieux comme l'or dans cet atelier (Armbruster 2006).

Deux percuteurs en quartzite ressortent du lot (Figure 9) et cette mise en forme originale d'outils dans cet atelier n'a pas été observée régionalement pour le Bronze final. Ils présentent une surface de travail large (entre 4 et 5 cm), biseautée sur une seule extrémité et sur presque la totalité du pourtour. Les supports de départ (galet) semblent avoir subi une chauffe en amont de leur façonnage. En modifiant les propriétés mécaniques de cette roche siliceuse pour améliorer la qualité du matériau, le traitement thermique augmente la dureté de la roche (par réduction de la porosité et de la teneur en eau), mais il engendre une réduction de la ténacité des grains, ce qui la rend plus facile à tailler. Une partie du cortex (les deux flancs et l'extrémité opposée) a ensuite été conservée pour une bonne prise en main (place du pouce et de la paume). La surface active est recouverte de petits éclats punctiformes dont la densité et la finesse de percussion indiquent que cet outil percutant a servi pour le martelage dans les finitions de matières très dures comme le métal ou de roches tenaces. On retrouve ce type de marteaux dans un atelier de métallurgiste sur le site de Lamballe (Côte-d'Armor) au Bronze final (Hamon, Blanchet 2015).

Les percuteurs en quartz (roche tenace et compacte) sont de tailles plus imposantes que les autres avec des masses comprises entre 0,88 et 3,2 kg. Leurs dimensions sont comprises pour la longueur entre 11,4 et 25,8 cm, pour la largeur entre 8,4 et 13,2 cm pour une épaisseur comprise entre 5,2 et 7,2 cm. La présence de gros enlèvements sur une de leurs extrémités confirme une percussion forte. Ces derniers semblent plutôt avoir servi à la fracturation de matériaux résistants (mise en forme de blocs de roche par exemple).

Au vu de leurs dimensions, tous les outils pouvaient être tenus à une seule main, sauf les deux derniers en quartz, probablement manipulés à deux mains. Aucun d'entre eux ne montre de traces d'un système d'emmanchement.

les supports de frappe (enclumes) (Figure 10)

Liés probablement à cette activité, deux supports de frappe ont été retrouvés dans le niveau de sol de l'atelier ainsi qu'un éclat en calcaire, probablement détaché d'un autre support de frappe.

L'un deux est un petit outil entier façonné sur un bloc de calcaire blanc. De forme quadrangulaire et de petites dimensions (5, 9x5, 6x2, 7 cm) pour une masse de 0,152 kg, il présente au centre



Figure 10. a - les supports de frappe : un support pour petits objets en bronze ; b - support opportuniste et occasionnel - cliché S. Cousseran-Néré et L. Bouteille (Inrap)

d'une de ses faces, une zone plane de 3, 5 cm de diamètre, marquée par des micro-percussions éparées et aléatoires caractéristiques d'un usage comme support de frappe. Ce petit bloc servait probablement de support de frappe pour la réalisation de petits objets en bronze (tiges ou fibule par exemple) mis en forme par martelage (*cf. supra*).

Le second outil classé dans ce groupe correspond à un angle de support de frappe en grès fin, de taille plus importante que le précédent. Ses dimensions préservées sont pour la longueur de 11 cm, la largeur de 10 cm et l'épaisseur de 6,2 cm pour une masse de 1 kg. Aussi de forme quadrangulaire, il possède sur l'une de ses faces, une concavité d'environ 8 cm de diamètre qui présente une surface de travail au lissage uniforme.

Un petit éclat probablement engendré par la frappe d'un percuteur sur une enclume dont il serait issu a été retrouvé dans cette zone de l'atelier de bronzier. Le talon de l'éclat étant horizontal et non oblique, il semble s'être détaché par accident "cassant", en périphérie de l'enclume en calcaire posé sur un élément dur (on peut de ce fait exclure la table en bois). L'enclume initiale devait avoir une épaisseur supérieure à la longueur de l'éclat de 8,5 cm.

On peut donc supposer au moins deux tailles d'enclume, de petites dimensions pouvant être calées entre les cuisses pour du travail de précision sur de petits objets, ou de grandes dimensions, posées sur un socle dur.

Le calcaire semble réservé à cette catégorie d'outil. Il ne se trouve pas dans l'environnement direct du site ce qui suppose une recherche et acheminement volontaire de ce matériau.



Figure 11. outil abrasif à granulométrie très fine - cliché S. Cousseran-Néré et L. Bouteille (Inrap)



Figure 12. outil abrasif à granulométrie fine - cliché S. Cousseran-Néré et L. Bouteille (Inrap)



Figure 13. outil abrasif à granulométrie grossière - cliché S. Cousseran-Néré et L. Boutoille (Inrap)

les outils abrasifs

Sept outils ont pu servir à l'abrasion après coulée ou pour la finition des objets en bronze. Leur forme est variable : subquadrangulaire à circulaire en passant par triangulaire. Un seul est entier, mais six autres sont suffisamment complets pour estimer leurs dimensions avant abandon. Les longueurs sont comprises entre 4 et 8,1 cm, les largeurs entre 3,1 et 6 cm et les épaisseurs entre 0,8 et 5 cm. Les masses sont comprises entre 0,033 kg et 0,23 kg. Ces outils ont pu facilement être tenu dans une main, l'autre face présentant des traces longitudinales de frottement (sillons plus ou larges) alternant avec des plages aplanies, parfois lustrées.

On distingue trois groupes d'outils abrasifs, indépendants de la morphométrie des pièces, mais liés à la granulométrie des roches constitutives. Toutes possèdent une texture grenue très fine (Figure 11), fine (Figure 12) ou grossière (Figure 13). Une roche à grains fins sera plutôt destinée au travail de finition de l'objet en fin de coulée placé en fin de chaîne opératoire ou à l'entretien des lames métalliques ; au contraire, une roche plus grossière sera plutôt utilisée pour ébarber l'objet fondu à la sortie du moule. La matière première privilégiée est le grès pour cinq pièces (à grains fin à grossier). On note la présence anecdotique d'un élément en basalte à grains grossiers et d'un autre façonnée dans une roche litée tenace qui a tendance à se polir lors du frottement.

Ce type d'objet, omniprésent sur les sites de l'âge du Bronze (Hamon, Blanchet 2015) apparaît directement lié au développement de la métallurgie du bronze et de son usage.

Les autres outils

À l'intérieur de l'atelier de bronzier, trois fragments en basalte d'éléments de moulin va-et-vient ont été mis au jour. À l'âge du Bronze, contrairement aux périodes précédentes, les éléments de mouture sont exclusivement réservés au broyage des céréales. Dans les trois cas, il s'agit d'un flanc et un seul présente encore un petit reste de surface active avec un poli moyen, ce qui indique que cet élément de moulin a été utilisé avant d'être cassé (volontairement ou non). Il est impossible au vu de l'état de conservation d'identifier s'il s'agit de la partie supérieure active (molette) ou de la partie inférieure passive (meule). Les moulins en basalte se retrouvent de manière récurrente dans les habitats du secteur de Montélimar et ce depuis le Chasséen. Il s'agit d'un matériel local, accessible facilement dont les premiers affleurements (sous forme de galets) se trouvent à une vingtaine de kilomètres, trajet réalisable en une journée. Si au Néolithique, on le retrouve associé, bien qu'en proportion légèrement supérieure, à des éléments de moulins en grès, il devient majoritaire au Bronze final dans le façonnage des moulins va-et-vient du secteur de Montélimar. La présence de ces artefacts indique une certaine proximité entre l'unité domestique et l'unité artisanale.

La chaîne opératoire du métal illustrée sur le site de la « Rue du Bouquet » à Montélimar

Dans le cas de l'atelier de Montélimar, les trois étapes de la chaîne opératoire de la métallurgie de transformation du bronze ont été mises en évidence : fonderie, déformation plastique et finition (Boutoille 2015).

étape 1 : la fonderie

La fonderie est identifiée à Montélimar par la présence de plusieurs dizaines fragments de moules en terre cuite (technique de la cire fondue ou de moules assemblées). Ce faible nombre de permet pas réellement d'envisager si ces modes de fonderie coexistaient avec d'autres techniques, dont les vestiges sont plus fugaces ou n'ont pas été retrouvés (fonte au sable en particulier) mais aussi avec utilisations de moules permanents (métal, pierre).

Cette étape est également représentée par le fragment de tuyère, mais surtout par le manche d'un creuset, récipient destiné à contenir le métal. La présence de multiples coulures de bronze tombées en dehors des moules lors de la coulée tend à conforter cette étape dans l'atelier.

Si l'hypothèse précédemment évoquée de réduction du bronze sur le site venait à être vérifiée, le fragment de tuyère et les déchets pourraient également être corrélés à cette étape, qui précède la métallurgie de transformation.

étape 2 : la déformation plastique

La déformation plastique est elle aussi attestée sur la fouille de la rue du Bouquet par deux types de vestiges archéologiques : les outils, les objets en cours de travail ou finis. Plusieurs objets en alliage à base de cuivre témoignent d'ailleurs d'une déformation plastique plus ou moins importante.

Les outils pour le martelage sont très variés. Ils comprennent les marteaux, les enclumes, les tas et en fonction des besoins précis du travail à effectuer, ils peuvent être en métal, en bois ou en pierre. Ces derniers sont les seuls retrouvés à proximité de l'atelier de bronzier. On décompte 14 outils de percussion et 2 supports de frappe. L'outillage métallique a très probablement été emporté lors de l'abandon du site. L'absence d'outils en bois s'explique aisément par leur non-conservation dans le sol.

étape 3 : les finitions

Les finitions semblent aussi avoir eu lieu sur place, notamment le polissage. Cette étape normale de finition destinée à rendre le métal brillant est nécessaire pour que l'objet soit considéré comme achevé. Il faut noter que le polissage intervient à d'autres étapes, en particulier après le démoulage et après chaque recuit, ceci afin d'enlever les formations superficielles d'oxydes. À Montélimar, les outils conservés sont exclusivement en pierre comme l'atteste la présence de sept outils abrasifs et d'un polissoir. La granulométrie des roches varie du plus grossier au plus fin en fonction de la finesse de finition désirée. Le polissage nécessite un peu d'eau pour la lubrification et pour limiter l'échauffement, soit en mouillant le couple polissoir-objet à polir, soit en travaillant directement dans l'eau (dans des récipients ou fosses creusées).

Conclusion

L'artisanat se définit comme une production d'un groupe de personnes exerçant une activité spécialisée au sein d'une structure économique et d'un groupe social donné. Il y a donc une véritable organisation dans la production, dans le cas de Montélimar rue du Bouquet à petite échelle, d'ateliers de produits finis destinés à être échangés voire peut être commercialisés (Hamon, Blanchet 2015). Il en résulte une maîtrise d'un savoir-faire spécifique attaché à une catégorie de

matériau, comme ici, la maîtrise des techniques de transformation du bronze, faisant de cet atelier, un atelier spécialisé.

Les outils en pierres ne sont qu'une partie d'un vaste ensemble qui compose la panoplie d'un métallurgiste (Boutoille 2015). L'absence d'outils en métal suggère qu'ils étaient précieux et que les artisans les ont emmenés au moment de l'abandon du site.

La majorité des outils lithiques constituant cette série appartiennent à types que l'on peut retrouver dans les nombreuses activités qui régissent la vie des hommes de l'âge du Bronze (alimentaire, taille...). Toutefois, une catégorie de percuteurs semble n'être réservée qu'à l'atelier de métallurgie pour ce site et ils pourraient être de bons indicateurs de la présence d'un atelier. À l'inverse, les outils abrasifs peuvent à la fois être utilisés comme outils de finition utilisés dans le cadre de l'atelier ou comme aiguisoirs liés à l'entretien des outils métalliques sur le lieu même de leur utilisation. Même observation pour les supports de frappe que l'on retrouve dans d'autres types d'activité de transformation (ocre, os...). Ainsi, des outils initialement destinés à d'autres fonctions intègrent petit à petit un cadre plus spécifique et une utilisation plus spécialisée.

À l'âge du Bronze, le métallurgiste utilise les matières premières facilement accessibles et rapidement transformables pour confectionner l'outil. Malgré cet opportunisme apparent, il semble qu'il y ait un tri de la matière première en fonction de ses propriétés mécaniques et physiques, en relation avec les outils mis en œuvre. En effet, leur diversité témoigne d'une spécialisation correspondant aux besoins d'artisans spécialisés dans le travail du métal. La fonction même de ces outils semble de plus en plus spécialisée, dédiée à une ou deux opérations techniques dépendant de ces caractères mécaniques et morpho-fonctionnels.

Cette fouille s'intègre dans un ensemble plus étendu, probablement de plusieurs dizaines d'hectares (Néré *et al.* 2015). Les diagnostics alentours de la ZAC du Bouquet (Figure 1) ont tous livré des éléments liés à la métallurgie du bronze (objets en bronze, fragments d'objets, éléments de coulées) généralement associés à des éléments datant (céramique) du Bronze final IIa comme dans ce cas présent. Dans ces différentes opérations, les sols étaient généralement conservés et les témoins associés à plusieurs autres bâtiments. Avec ces nouvelles découvertes, l'importance des occupations protohistoriques sur le territoire de Montélimar se confirme (Vital *et al.* 2011). Au nord et au sud de la fouille de la « Rue du Bouquet » à Montélimar, plusieurs zones d'habitats contemporains ont été mis au jour ces dernières décennies, mais la ZAC du Bouquet montre, qu'en plus d'un habitat dense, on peut discerner dans tout le secteur, une forte activité liée à la métallurgie du bronze, dont ce site est un témoin.

Bibliographie

- ARMBRUSTER, B. (2006) – L'outillage en pierre du métallurgiste ancien. In ASTRUC, L. ; BON, F. ; LEA, V. (eds.) – *Normes techniques et pratiques sociales de la simplicité des outillages pré-et protohistoriques*. Antibes: APDCA, pp. 321-385
- ARMBRUSTER, B. (2013) – Gold and goldworking of the Bronze Age. In HARDING, A.; FOKKENS, H. (ed.) – *Handbook of the European Bronze Age*. Oxford: Oxford University Press, pp. 454-468
- BLANCHET, J.-C. (1984) – *Les premiers métallurgistes en Picardie et dans le Nord de la France*. Paris : Société Préhistorique française (Mémoires de la Société préhistorique française, 17)
- BOUTOILLE, L. (2015) – Les techniques du dinandier de l'âge du Bronze : l'outillage en pierre spécifique à la déformation plastique des métaux. In BOULUD-GAZO, S. ; NICOLAS, T. (eds.) – *Artisanats et productions de l'âge du Bronze*. Paris : Société Préhistorique française, pp. 83-96
- BOUTOILLE, L. ; COUSSERAN-NERE, S. (2017) – étude du macro-outillage lithique de l'atelier de bronzier et en contexte d'habitat. In NERE E. – *Montélimar, rue du Bouquet, Rapport de fouille*. Bron : Inrap Auvergne Rhône-Alpes
- BROCHIER, J.-L. ; VITAL, J. (2000) – Boulc-en-Diois : la Tune de la Varaine. In VITAL, J. ; CONVERTINI, F. ; JALLOT, L. ; LEMERCIER, O. ; LOISON G. (Dir.) – *Composantes culturelles des premières productions*

- céramiques du bronze ancien dans le sud-est de la France. Rapport.* Lyon, Valence : Service régional de l'Archéologie de Rhône-Alpes Lyon et Centre archéologique de Valence.
- CAPARROS, T. ; NALLIER, R. ; FRANEL, Y. ; GUY, H. ; GLEIZE, M.-F. (2010) – Un ensemble exceptionnel de vestiges métallurgiques de l'âge du Bronze final, à Aubervilliers (Seine-Saint-Denis). *Bulletin de l'Association pour la Promotion des Recherches sur l'Âge du Bronze*, 10, pp. 38-50
- DAVID-ELBIALI, M. (2000) – *La Suisse occidentale au II^e millénaire av. J.-C. : chronologie, culture, intégration européenne*. Lausanne : Cahiers d'archéologie romande
- DAVID-ELBIALI, M. (2013) – La chronologie nord-alpine du Bronze final (1200-800 av. J.-C.) : entre métal, céramique et dendrochronologie. In LECLERCQ W., WARMENBOL E. (dir.) – *Échanges de bons procédés. La céramique du Bronze final dans le nord-ouest de l'Europe*. Bruxelles : CReA-Patrimoine, pp. 181-197 (Études d'archéologie, 6)
- DEDET, B. ; BORDREUIL, M. (1982) – Le dépôt de fondeur du Bronze final II de Cabanelle à Castelnau-Valence (Gard). *Gallia Préhistoire*, 25, 1, pp. 187-210
- HAMON, C. ; BLANCHET, S. (2015) – Le macro-outillage lithique sur les sites de l'âge du Bronze armoricain : quelques hypothèses fonctionnelles pour aborder la notion d'artisanat. BOULUD-GAZO, S. ; NICOLAS, T. (eds.) – *Artisanats et productions de l'âge du Bronze*. Paris : Société Préhistorique française, pp. 63-82
- KLAGE, T. (dir., en cours d'étude) – *Une forge de l'âge du Bronze à Metz, fouille archéologique de la ZAC du Sansonnet, Rapport de fouilles*. Metz : Inrap GES et Service régional de l'Archéologie de Lorraine
- LUROL, J.-M. (2002) – Upie « Les Vignarets » (fiche 2). In *Archéologie du TGV Méditerranée : fiches de synthèse - Tome 1 - La Préhistoire*. Lattes : Association pour la recherche archéologique en Languedoc oriental, pp. 23-34 (Monographies d'Archéologie Méditerranéenne, 8)
- MELIN, M. (2016) – Aubervilliers (Seine-Saint-Denis). Rue Saint-Denis, Rue du Port, Rue du Chemin-Vert. *Un atelier de bronzier du Bronze final IIb-IIIa. Rapport final d'opération*. Beaumont-lès-Valence : Arkémine et SRA Île-de-France
- MOHEN, J.-P. ; BAILLOUD, G. (1987) – *La vie quotidienne : les fouilles de Fort-Harrouard, L'âge du Bronze en France*, 2. Paris : Picard
- MOREAU, C. ; LINTON, J. ; AFFOLTER, J. (2014) – Continuités et variations entre le Néolithique final et le Bronze ancien en moyenne vallée du Rhône. L'apport de l'occupation structurée et stratifiée de Savasse (Drôme). In SENEPART, I. ; LEANDRI, F. ; CAULIEZ, J. ; PERRIN, Th. ; THIRAULT, E. (eds.) – *Chronologie de la Préhistoire récente dans le Sud de la France : Actualités de la recherche*. Toulouse : Archives d'Écologie Préhistorique, pp. 159-173
- NERE, E. ; BERANGER, D. ; BROCHIER, J.-L. ; CABANIS, M. ; CHATELLIER, C. ; COUSSERAN-NERE, S. ; VITAL, J. (2015) – Montélimar, Drôme, Rhône-Alpes, ZAC de Provence Lot 4, *Rapport final d'opération de fouilles archéologiques*. Lyon : INRAP Auvergne Rhône-Alpes et Service régional de l'Archéologie de Rhône-Alpes
- PERNOT, M. (1998a) – L'organisation de l'atelier du bronzier. In MORDANT, C. ; PERNOT, M. ; RYCHNER, V. (ed.) – *L'atelier du bronzier en Europe du XX^e au VIII^e siècle avant notre ère. Tome II. Du minerai au métal du métal à l'objet*. Paris : CTHS, pp. 33-39
- PERNOT, M. (1998b) – Archéométallurgie de la transformation des alliages à base de cuivre. In BECK, P. (dir.) – *L'innovation technique au Moyen Âge, Actes du VI^e Congrès international d'Archéologie Médiévale*. Paris : Errance, pp. 123-133 (Société d'Archéologie Médiévale, 6)
- RYCHNER, V. (1987) – *Auvergnier 1968-1975. Le mobilier métallique du Bronze final, formes et techniques*. Lausanne : Bibliothèque historique vaudoise (Cahiers d'archéologie romande, 37)
- RYCHNER-FARAGGI, A.-M. (1993) – *Hauterive-Champréveyre 9, Métal et parure au Bronze final*. Neuchâtel : Musée cantonal d'archéologie (Archéologie neuchâteloise 17)
- VITAL, J. ; BERGER, J.-F. ; BROCHIER, J.L. ; ARGANT, T. ; BEECHING, A. ; VITAL, A. (2011) – L'architecture et les occupations du Bronze final 1 et du Bronze final 2b du site du Gournier, secteur de Fortuneau, à Montélimar (Drôme). *Gallia Préhistoire*, 53, pp. 203-287
- VITAL, J. (1990) – *Protohistoire du défilé de Donzère : L'âge du Bronze dans la Baume des Anges*. Paris : MSH (Documents d'Archéologie Française, 28)
- VITAL, J. (2002) – Occupations du Campaniforme et Bronze ancien à Espeluche - Lalo (Drôme), Fiche 44. In *Archéologie du TGV Méditerranée : fiches de synthèse - Tome 1 - La Préhistoire*. Lattes : Association pour la recherche archéologique en Languedoc oriental, pp. 441-446 (Monographies d'Archéologie Méditerranéenne, 8)

Experimental Casting Pit for Bronze Items. A Preliminary Study

Alessandro Armigliato¹

Abstract

During a workshop on experimental archaeology organised by the University of Bologna in 2015, an experimental casting pit used for only one day the year before to produce several bronze tools was excavated. In this pilot experiment, the visible remains were collected to verify and compare the evidence of activities and post-depositional transformations. Furthermore, a micromorphological sample was analysed to characterise the degree of thermal alteration of sediments and the microscopic markers related to metallurgical activity. In the long term, this kind of approach may provide relevant data to solve problems related to the detection of casting pits in the archaeological record and to outline the most suitable strategies of intervention during fieldwork.

Keywords

EXPERIMENTAL ARCHAEOLOGY, CASTING PIT, POST DEPOSITIONAL TRANSFORMATIONS, ACTIVITY AREAS.

Résumé

Four de refonte expérimentale pour objets en bronze. Une étude préliminaire - Au cours d'un atelier d'archéologie expérimentale organisé par l'Université de Bologne en 2015, un four de refonte expérimentale, réalisé un an avant et utilisé une seule journée pour la production de plusieurs outils en bronze, a été fouillé. Dans cette expérience pilote, les vestiges visibles ont été recueillis afin de vérifier et de comparer les preuves des activités et des transformations post-dépositionnelles. En outre, un échantillon pour l'analyse micromorphologique a été prélevé afin de caractériser le degré d'altération thermique des sédiments et les marqueurs microscopiques liés à l'activité métallurgique. Sur le long terme, ce type d'approche peut fournir des données pertinentes pour résoudre certains problèmes liés à la détection des fours de refonte dans le dépôt archéologique et définir les stratégies d'intervention les plus appropriées au cours de la recherche sur le terrain.

Mots clés

ARCHÉOLOGIE EXPÉRIMENTALE, FOUR DE REFONTE, TRANSFORMATIONS POST-DÉPOSITIONNELLES, AIRES D'ACTIVITÉS.

Introduction

“Is it possible to determine a typology of occupation layers, refuse sites and other deposits relating to craft activities to be used as a preliminary guideline for their identification in the field? Probably not. But if we want to improve on the unverifiable and indefinite attributions, it's worth a try” (translated from Vidale 1992: 157).

In the summer of 2015, Prof. Maurizio Cattani (2016) and the University of Bologna organised an experimental archaeology workshop during which an experimental casting pit used for only one day to produce several bronze tools from the year before was excavated (Figure 1). The entire process was described from the building to the archaeological excavation of the pit. By listing the visible remains, the aim was to obtain useful information outlining the most suitable intervention strategies when excavating these types of features in the field. Moreover, the experiment could contribute to the study of the dynamics involved during the activity that took place and the post-depositional processes of these features.

¹ University of Bologna, Department of History and Cultures, Piazza S. Giovanni in Monte 2, Bologna, armigliatoalessandro@gmail.com



Figure 1. Casting pit ready for the casting process.

The experiment relies on the concept of “analogy”, the assumption that if two things are similar in some respects, they must be similar. In other words, the analogy is fundamental in comparing a “systemic context” to an “archaeological context” (in this case to a simulated experiment). The first labels the condition of an element participating in a behavioural system. The second describes materials that have passed through a cultural system that is now the focus of archaeological investigation (Schiffer 1972: 157).

Archaeological context and open issues

The “Terramare” is one of the major cultures in the Italian peninsula during the Middle and Late Bronze Age (1650-1150 BC). It is in the middle of the Po valley between two commercial networks, the first from Veneto along the Eastern Alps to the Pannonian Plain and the Danube-Carpathian Basin and the second from the Alps to southern Italy, area culturally linked to the Eastern Mediterranean. One of the reasons for its importance is its pivotal role as part of a process in the formation and diffusion of a European metallurgical *koinè* of LBA. The large number and the quality of metallurgical remains indicate that artisans reached a high degree of specialisation in metalworking.

Current knowledge of Bronze Age metalworking is based on two kinds of evidence. Firstly, the widespread implements and tools connected to manufacturing activities (tuyères, crucibles, moulds, hammers, chisels, etc.) and production waste and/or raw material that are known since the XIX century (Stroebel 1887: 150–155); secondly, the very rare features relating to manufacturing activities. One of the principal concerns is the absence of these

Table 1. Sites dating to the Middle and Late Bronze Age that have provided traces of metalworking activities.

Site	Period	References
Catellaro del Vhò di Piadena (CR)	MBA 2a-2b (site-phase 4II-III)	Cierny <i>et al.</i> 2001b
Montale (MO)	MBA 3 (site-phase V)	Cardarelli 2004
Beneceto Forno del Gallo (PR)	LBA 1-2	Bernabò Brea <i>et al.</i> 2008; Bianchi 2010
S. Giuliano di Toscanella (BO)	MBA 3 – LBA	Morico, Pacciarelli 1996: 303-306; Morico 1996: 346-348

structures in the archaeological record, due either to the lack of extensive excavations, or the difficulty of distinguishing them from other combustion features without metalworking residues that are probably used for cooking and other activities. These structures could also have been wholly or partly dismantled or abandoned after use. In many cases, we can only suppose the existence of metalworking activities from the presence of tools relating to these activities (Bianchi 2010). Also, the production of small metal tools would have used small temporary furnaces that leave little trace on the ground and are therefore hardly traceable in the archaeological record. As regards furnaces and casting pits, the levelling and removal processes are so effective that the traces left are bidimensional, such as fragments of baked clay or traces of burnt soil, ash, and charcoal (Vidale 1992: 175). Apart from four cases (see Table 1), it is not possible to identify the areas where these



Figure 2. Four different moments of the casting process: a) the crucible is covered with charcoal; b) bronze has reached the melting point;



Figure 2. Four different moments of the casting process: c) the crucible is rapidly taken from the pit; d) liquid metal poured into the mould.

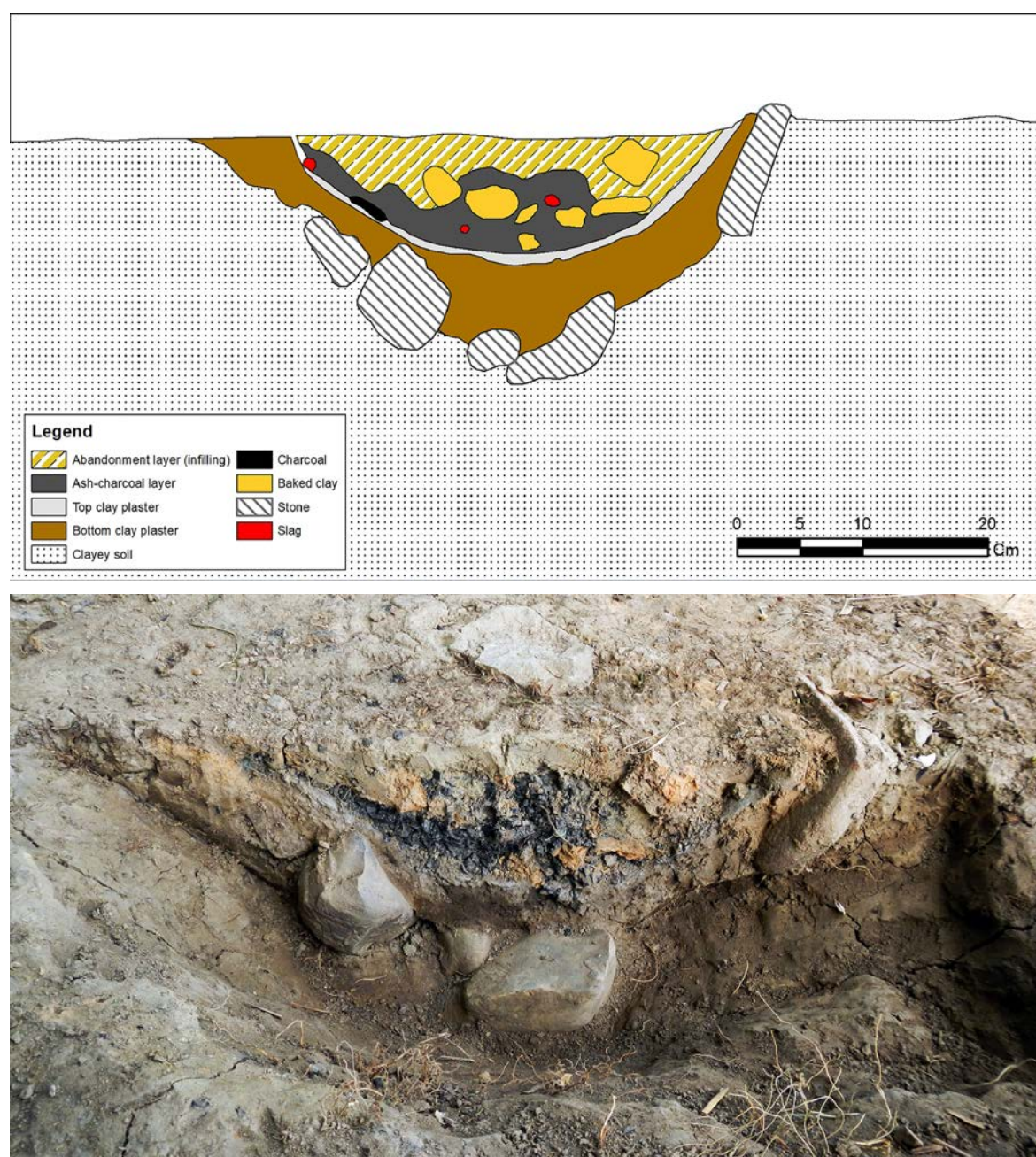


Figure 3. Illustration (a) and photo (b) of the section of the casting pit.

activities took place. Experimental reproductions of metalworking might help to provide a pattern and a set of elements useful for better detection and understanding of these features in the archaeological record.

Experimental casting pit

Casting pit preparation...

After carefully choosing a suitable area for the experiment (a shaded area sheltered from sudden gusts of wind, which could lower the temperature and consequently compromise the casting) a pit was excavated. Almost circular, the pit measured 22 cm by 30 cm and was 18 cm deep. The walls of the pit were covered first with irregular flat stones (stones are commonly used to avoid humidity



Figure 4. Layer of flat limestones (SU 5)

rising from the ground during the casting procedure) held in place by a layer of clay underneath and filled between the gaps. After the clay was flattened, its thickness was about 3-5cm. The walls of the pits were covered with a mixture of clay and sand as to make the surface more resistant to the heat from fire (Cierny *et al.* 2001b). Two horn-shaped tuyères were placed directly on the bottom of the pit orientated to the sides of the crucible leaving a few centimetres (3 to 5) between the tuyères and the crucible. It is worth noting that the crucible was heated from the outside. The tuyères were covered with wet clay to keep them in place and protect them from the heat. The bellows were placed a metre from the pit and connected to the tuyères with two circular ceramic tubes blocked at the ends with wet clay to stop any leakage of air. A small hole was dug in the pit in order to prevent the movement of the mould during the pouring of the molten metal.

...use...

A fire was started to dry the wet clay coverage. The fire was first charged with wood, then charcoal. The pit was not left to dry, and the direct heat caused the formation of many cracks. If the pit was subsequently reused, the cracks would have been plastered over with clay to avoid the loss of metal droplets (Figure 2a-d). The fire was fed for two hours before the pit was ready for the casting procedure. It took several hours and about 8 kg of charcoal to cast the bronze tools. The temperature reached over 1000°C thanks to the action of the bellows (80x60cm each) operated alternately throughout the process.

...and abandon

At the end of the casting process, the pit was abandoned. Having noticed that all the tools were easily reusable for others casting procedures, they were gathered in this order: bellows, reeds, and lastly the tuyères (after the temperature had considerably lowered). Fragments of the clay that covered the tuyères were left on the ground around and inside the pit. If the pit was reused for other casting processes, all the residues (charcoal, ash, fragments of baked and/or vitrified clay, slags and drops of metal) would have been removed (Cavazzuti *et al.* 2018) and “would have been

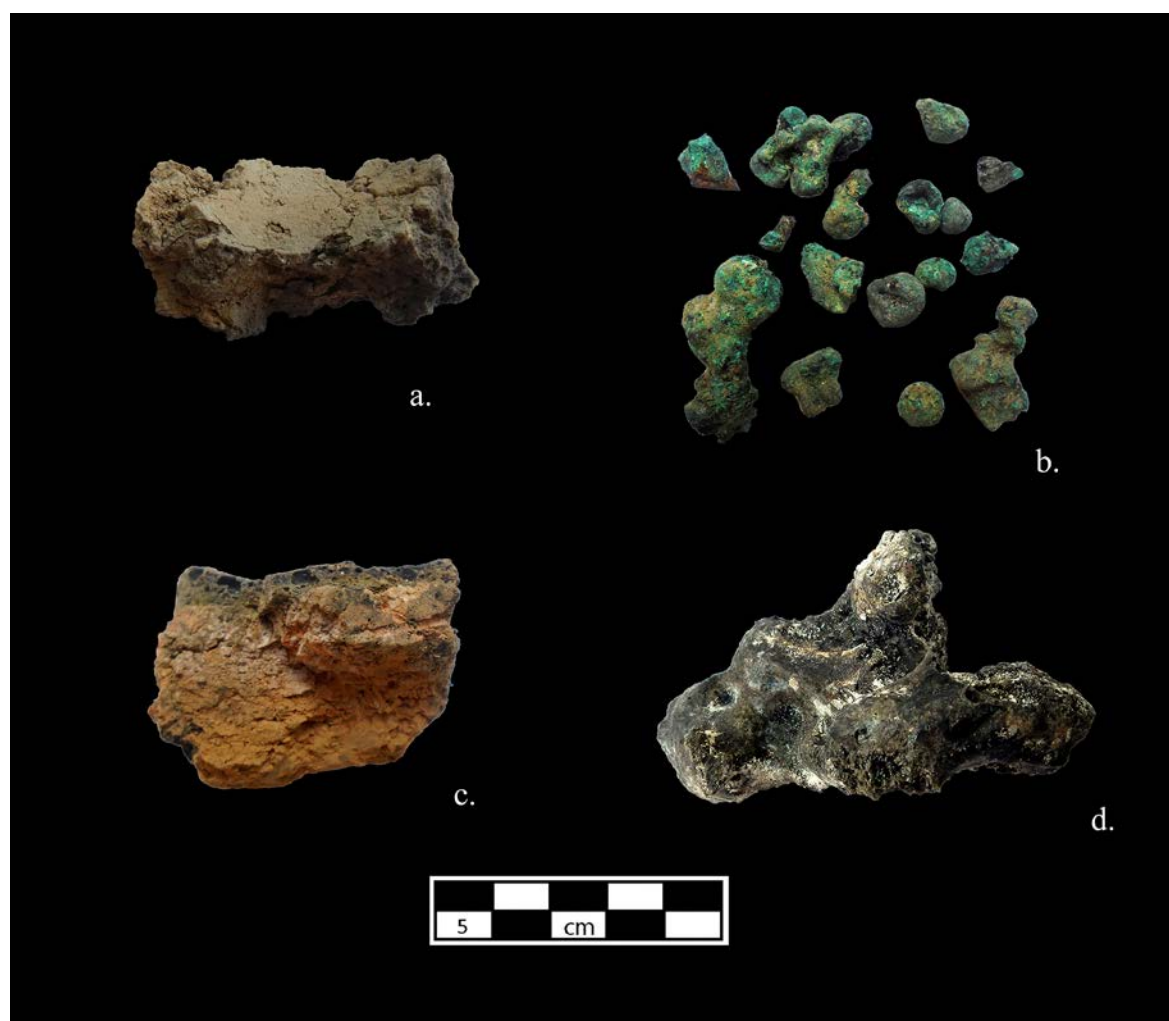


Figure 5a. - 5d. - Materials collected during the excavation of the pit.

integrated into the settlement stratigraphy and no longer recognisable” (translated from Vidale 1992: 135).

One year after

The formation processes of the archaeological deposit were stopped after one year and the abandoned casting pit was investigated via microstratigraphic excavation (all the sediments were sieved in a 0,5 mm grid) and the excavation was recorded in detail. A perpendicular cut enabled the study of the layers and their thermal alteration (Figure 3). Furthermore, a sample for micromorphological analysis was taken in order to characterise the degree of thermal alteration of the sediments and to observe the microscopic markers related to the metallurgical activity. This technique allows a better characterisation of the layers linked to the use of the casting pit and highlights any variability of the traces of thermal alteration in the structure. Generally, thermal alteration occurs to a very limited extent because the sediments are generally good insulators. Even 1 cm beneath the fire that can reach a temperature of 900°C, the temperature barely reached 500°C. However, alteration occurs to a much greater extent if the temperature of the fire is elevated by using the bellows.

A detailed macroscopic inspection should always be the first step in the study of these remains, as the amount of information that one can extract from such an inexpensive approach is sometimes surprising (Martín-Torres, Rehren 2014: 111).

It has been possible to collect the following data:

SU descriptions (Figure 3a):

SU 1 - Abandon layer (infilling). Yellow hard clayey sediments accumulated over one year.

SU 2 - Ash charcoal layer. Very loose ash-charcoal layer full of rootlets with many small slags and baked clay fragments. Charcoal residuals have homogeneous size.

SU 3 - Top clay plaster. Very compact, thin, and flat clayey matrix layer with many cracks on the surface. It was hardened by the action of fire fed with two bellows. The top is dark grey, due to the presence of ash and charcoal, the bottom is brownish-red due to a lower heat of fire. It is the inner lining of the structure.

SU 4 - Bottom clay plaster. Compact brown clayey matrix layer covering the crawspace of stones. It is the same clay of SU 3 just not exposed to the action of fire.

SU 5 - Crawspace of 10 cm diameter flat limestones disposed at the bottom of the pit to avoid the rising of humidity (see also Figure 4).

Anthropogenic materials (Figure 5):

- *Baked clay fragments (SU 2)*: many no-shaped fragments exposed to high temperature were found in the pit. It is worth noting a small burnt one with a concave side which was part of the coverage of one tuyère used to keep it tight and to protect it from the heat (Figure 5a).
- *Drops of metal (SU 2)*: the drops of fluid bronze assume this typical rounded shape when they come in contact with a colder surface. They measure from 2 to 20 mm, they are opaque, dark green, and in some cases with a porous surface (Figure 5b). They might have trickled out of the crucible either during the phase of melting or in the phase of pouring.
- *Burnt coverage of the pit (SU 3)*: it is possible to recognise the upper part (dark with empty holes) directly exposed to the fire and the lower with different shades of orange (Figure 5c). A similar discard element is described as “a fragment of baked clay (“concolato”) related to a pyrotechnological structure with traces of the engagement of a nozzle” (Giuliani-Mair *et al.* 2015: 62 fig.15).
- *Vitrified clay fragment (SU 2)*: in some points it assumes shades of green due to the presence of iron oxides in the clayey soil. It's possible to suggest that the temperature reached over 1200 degreesdegrees (Figure 5d).

Conclusion

This study has provided some preliminary considerations. Even after only one year, many of the elements that would have contributed to the reconstruction of the complete casting process had been lost. Firstly, it was difficult to locate the pit, as no traces of fire activity were visible on the ground. Only the random outcrop of two flat stones used for covering the bottom of the pit (crawspace) was visible. During the excavation, it was impossible to distinguish the number of tuyères used (two in this case, although in many similar experiments, only one was used) and how they were positioned in relation to the pit.

After the microstratigraphic excavation, the materials collected provided some clues that helped to detect the metalworking processes. For example, even though slags or drops of metal were absent, the presence of vitrified clay (at a temperature greater than 1100°C) can indicate metallurgical activities.

It has been possible to understand that a careful analysis of this kind of data may produce not only a map of thermal alterations, but also provide indirect information on how the structure worked. The area of the pit indicating burning at a high temperature might suggest the location of the hole that accommodated the tuyère.

The areas of the pit that were not affected by the heat and therefore not thermally altered were impossible to reconstruct, as were some perimeter parts. The high temperature inside the pit determined the calcination of the surface that impeded the spread of the heat to the ground below.

From this unique experiment is easy to see the importance of the experimental approach and micromorphological analysis that in the long term may provide relevant data to solve some open issues related to the detection of casting pits in the archaeological record and to outline the most suitable strategies of intervention during field research.

References

- BERNA, F.; BEHAR, A.; SHAHACK-GROSS, R.; BERG, J.; BOARETTO, E.; GILBOA, A.; SHARON, I.; SHALEV, S.; SHILSTEIN, S.; YAHALOM-MACK, N.; ZORN, J. R.; WEINER, S. (2007) – Sediments exposed to high temperatures: reconstructing pyrotechnological processes in Late Bronze and Iron Age Strata at Tel Dor (Israel). *Journal of Archaeological Science* 34, pp. 358-373
- BERNABÒ BREA, M.; CARDARELLI, A.; CREMASCHI, M. (1997), (eds.) – Le Terramare. La più antica civiltà padana. Milano: Electa (Catalogo della Mostra)
- BERNABÒ BREA, M.; MIARI M.; BIANCHI, P.; BRONZONI, L.; FERRARI, P.; GUARISCO, F.; LARI, E.; LINCETTO, S.; MAGGIONI, S.; OCCHI, S.; SASSI, B. (2008) – La terramara di Beneceto-Forno del Gallo (PR). In BERNABÒ BREA, M.; VALLONI, R. (eds.) – Archeologia ad alta Velocità in Emilia. Indagini geologiche e archeologiche lungo il tracciato ferroviario. Firenze : All'insegna del Giglio, pp. 87-112
- BIANCHI, P. A. E. (2010) – La produzione metallurgica a Beneceto Forno del Gallo (PR). Organizzazione spaziale e produttiva all'inizio del Bronzo Recente. *Padusa XLVI*, pp. 9-36
- CARDARELLI, A. (2004) – Parco Archeologico e Museo all'aperto della terramara di Montale. Modena: Museo civico archeologico etnologico
- CATTANI M. (2016) – Experimental Archaeology at the University of Bologna, widening and opening the archaeological research. *Groma* (1), pp. 1-11
- CAVAZZUTI, C.; PELLEGRINI, L.; SCACCHETTI, F.; ZANNINI, P. (2018) – Tracce di fosse di fusione dalle Terramare: ci siamo persi qualcosa? In Bernabò Brea, M. (ed.) – *Atti della XLV Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria*. Firenze: Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, pp. 497-502.
- CIERNY, J.; DE GASPERI, N.; FRONTINI, P. (2001a) – Castellaro del Vhò di Piadena (Cremona): strutture fusorie a cielo aperto del Bronzo Medio. In GIUMLIA-MAIR, A. (ed.) – *I bronzi antichi. Produzione e tecnologia*. Montagnac: Mergo, pp. 44-51
- CIERNY, J.; DE GASPERI, N.; FRONTINI, P.; PRANGE, M. (2001b) – *Le attività metallurgiche*. In FRONTINI, P. (ed.) – *Castellaro del Vhò. Campagna di scavo 1996-1999, Scavi a cura delle Civiche Raccolte Archeologiche di Milano*. Milano : Comune di Milano, Settore cultura e spettacolo, Raccolte archeologiche e numismatiche, pp.57-77
- D'ORONZO, C.; MARINÒ, G. P.; SOLINAS, F.; FIORENTINO, G. (2011) – Archeobotanica ed archeologia sperimentale: bilancio termico, modalità d'uso, tafonomia e visibilità archeologica di un esperimento in margine al workshop di Cavallino. In GIARDINO, C. (ed.) – *Archeometallurgia: dalla conoscenza alla fruizione*. Bari: Epub, pp. 371-376
- GIUMLIA-MAIR, A.; STEFAN, L.; GILMOUR, B.; DEGASPERI, N.; BELLINTANI, P. (2015) – L'officina metallurgica dell'età del Ferro di Zambana "El Vato" (TN) (scavi 2010-2011). Analisi e prime considerazioni sui reperti in lega di rame e in ferro e sui resti di strutture pirotecniche. *Archeologia delle Alpi*, pp. 49-72
- LEONARDI, G. (1982) – Lo scavo archeologico: appunti e immagini per un approccio alla stratificazione. In MORELLI, G.; SCARFI, B.M.; BORGATO, D. (eds.) – *Corso di propedeutica archeologica*. Padova: Cooperativa "L'Albero, la memoria", pp. 97-140

- MARTINÓN-TORRES, M.; REHREN, T. (2014) – Technical ceramics. In ROBERTS, B.W.; THORNTON C.P. (eds.) – *Archaeometallurgy in Global Perspective*. New York: Springer, pp. 107–131
- MORICO, G.; PACCIARELLI, M. (1996) – Il villaggio dell'età del bronzo di San Giuliano di Toscanella: considerazioni sullo scavo e sulla planimetria. In PACCIARELLI, M. (ed.) – *Musei Civici di Imola. La Collezione Scarabelli. 2. Preistoria*. Bologna: Grafis Edizioni
- SCHIFFER, M. B. (1972) – Archaeological Context and Systemic Context. *American Antiquity* 37 (2), pp. 156–165
- SCHIFFER, M. B. (1983) – Toward the identification of formation processes. *American Antiquity* 48, pp. 675–706
- STROEBEL, P. (1887) – Oggetti in pietra dalla mariera di Castione. *Bullettino di paletnologia italiana* XIII, pp. 150–155
- VIDALE, M. (1992) – *Produzione artigianale protostorica. Etnoarcheologia e archeologia*. Padova: Saltuarie del laboratorio del Piovego

Des outils lithiques liés à la déformation plastique des métaux sur le site de Cuciurpula (Corse, Bronze final/premier âge du Fer) ?

Linda Boutoille¹ et Kewin Pêche-Quilichini²

Abstract

The later prehistoric site of Cuciurpula is located on the southern slope of the Punta di à Cuciurpula, which dominates the upper Rizzanesi basin (southern Corsica) at an average elevation of 1030m. From 2008 to 2015, excavations conducted at the site have provided us with new insights into the organization and functioning of a settlement occupied during three phases, between the Late Bronze Age and the Early Iron Age. Among other traces of craft activities, the site produced evidence of metalworking practices, identified by the presence of stone tools for the plastic deformation of metals. This discovery also serves to demonstrate the original character of the stone tools used in metallurgical practices on the island of Corsica and provides insights into their evolution from the Chalcolithic to the Late Bronze Age.

Keywords

METALLURGY, STONE TOOLS, LATE BRONZE AGE, CORSICA

Résumé

Le site protohistorique de Cuciurpula est implanté sur le versant méridional de la Punta di à Cuciurpula qui domine le haut bassin du Rizzanesi (Sud de la Corse) à une altitude moyenne de 1030m. De 2008 à 2015, sa fouille a permis de renouveler nos connaissances sur l'organisation et le fonctionnement d'un village occupé durant trois phases, entre Bronze final et premier âge du Fer. Parmi d'autres traces d'activités artisanales, le site a livré des traces de la pratique de la métallurgie identifiée par l'identification d'outils en pierre. Cette découverte nous permet d'aborder l'originalité de l'outillage en pierre utilisé dans le cadre de la métallurgie insulaire et de son évolution du Chalcolithique au Bronze final.

Mots clés

MÉTALLURGIE, OUTILS LITHIQUES, BRONZE FINAL, CORSE

Le site de Cuciurpula

Les contextes de découverte des outils

Découvert en 2003 par D. Martinetti, le site de Cuciurpula a fait l'objet de recherches entre 2007 et 2015, qui ont permis de renouveler nos connaissances sur les structures et l'organisation des habitats de l'âge du Bronze final et du premier âge du Fer en Corse ainsi que d'étudier les pratiques funéraires du second âge du Fer (Pêche-Quilichini 2014: 5-7).

L'habitat de Cuciurpula, dans la haute vallée du Rizzanesi (Figure 1), entre 900 et 1100 m d'altitude, se développe sur une pente assez forte et encombrée de chaos granitiques. Sa fouille a révélé une occupation continue entre le XIII^e et le VI^e siècle (du Bronze récent 2 à la fin du premier âge du Fer) avant des fréquentations ponctuelles entre le IV^e et le II^e siècle. Le site (Figure 2) se développe sur 12 hectares et inclut plus de quarante habitations, des enceintes, des terrassements, des rampes de circulation, des carrières et des cavités naturelles sépulcrales (Pêche-Quilichini 2014a: 16-17).

Trois contextes ont livré des outils lithiques qui ont pu être utilisés dans le cadre de la déformation plastique d'objets réalisés dans un alliage cuivreux : l'habitation 6, le secteur G1 et l'habitation 1.

¹ Archaeology and Paleoecology, School of Natural and Built Environment, Queen's University, Belfast, UK. l.boutoille@qub.ac.uk

² directeur du Musée de l'Alta Rocca ; « Archéologie des Sociétés Méditerranéennes », CNRS UMR 5140, Université Paum-Valéry, Montpellier, France ; baiucheddu@gmx.fr

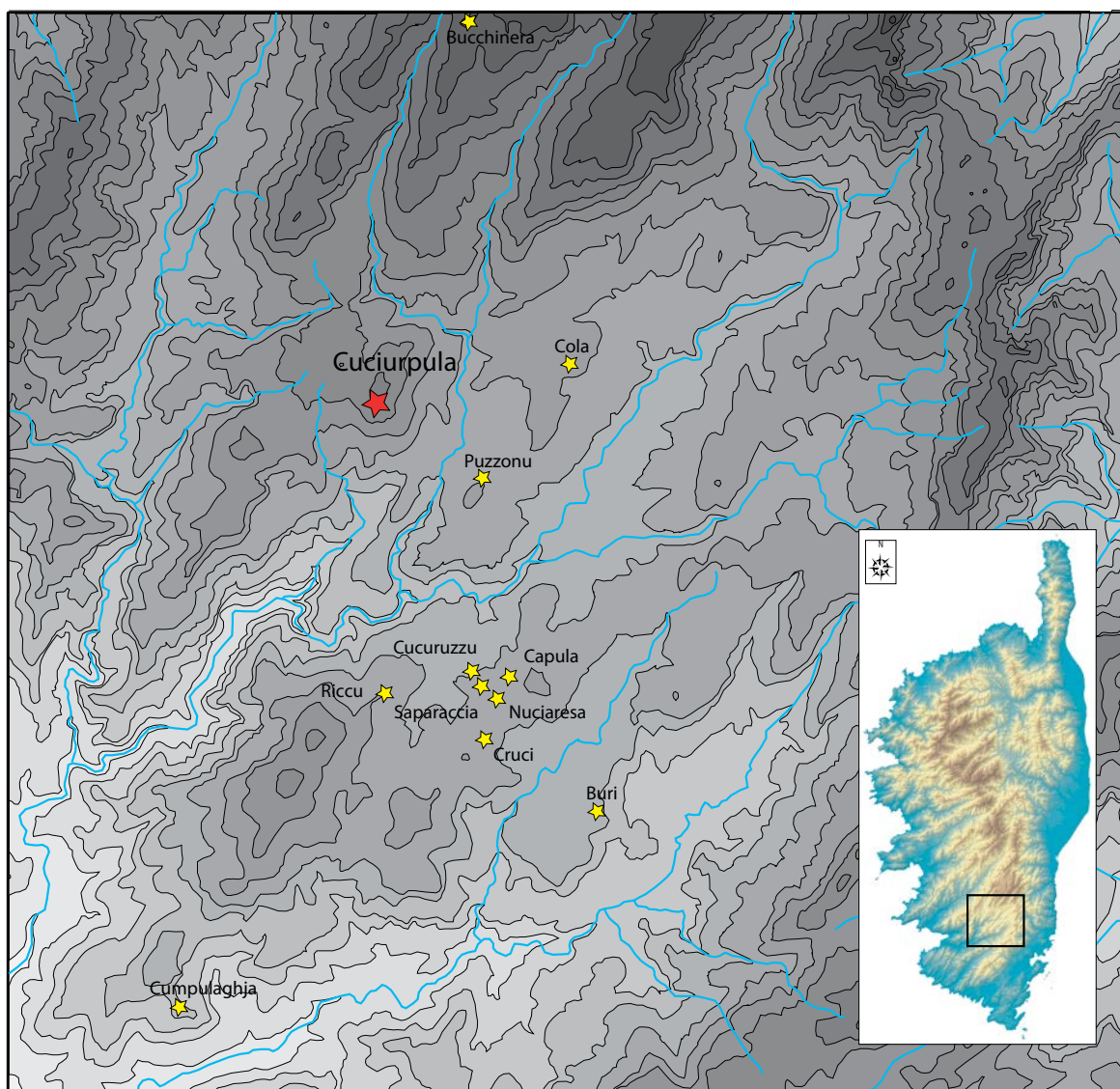


Figure 1. Cuciurpula (Corse). Localisation du site et des autres sites contemporains (DAO K. Peche-Quilichini).

L'habitation 6

Elle se trouve à l'extrémité nord-ouest du site à une altitude de 1064m et proximité des structures 2, 9 et 10, de l'enceinte occidentale ainsi que d'autres aménagements (Peche-Quilichini 2014ab ; Figure 3). Elle a été positionnée en bordure d'un replat assez vaste à l'échelle du site et d'une superficie de 1200 m² regroupant également les structures 10 et 37, divers aménagements ainsi qu'une possible zone d'extraction de granite. Enfin, elle s'appuie contre l'important massif rocheux de la Punta di Saracinu où de nombreux abris ont été identifiés.

L'habitation 6, délimitée par des blocs de pierre, présente un plan ovalaire de 11 m de longueur pour une largeur de 3,5 m. La fouille a permis d'identifier le côté absidal à l'ouest laissant présager que l'entrée devait se situer à l'est, mais, en raison de la présence de racines, ce dernier point n'a pas pu être confirmé. Comme pour les autres habitations du site, elle est structurée par un réseau longitudinal de poteaux porteurs pour un toit à double pente avec une élévation latérale plaquée contre le parement interne. Lors de la fouille, cinq phases stratigraphiques ont été reconnues dont trois en relation avec l'occupation du bâtiment.

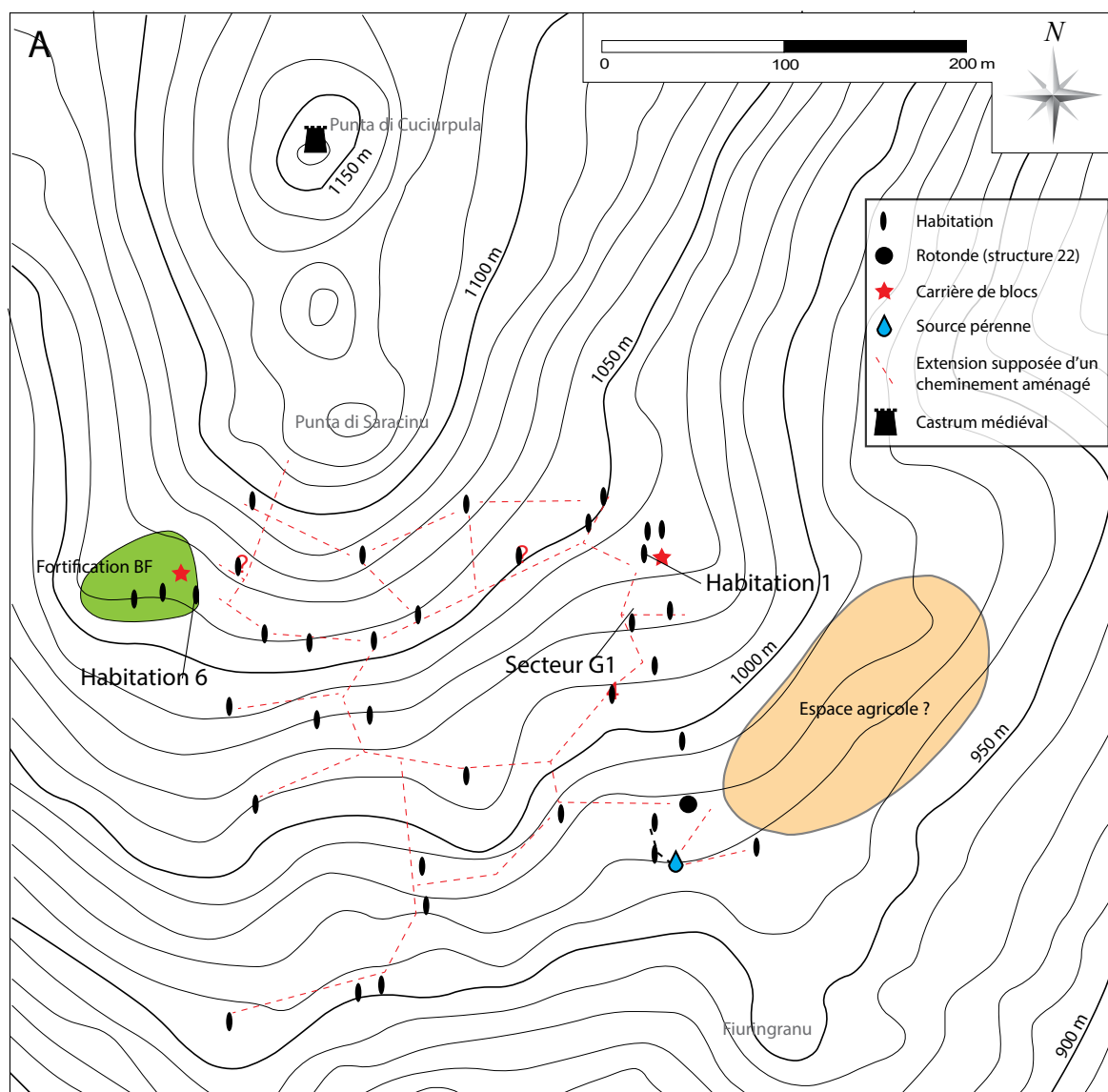


Figure 2. Cuciurpula (Corse). Plan de répartition du site avec la localisation des structures 1, 6 et G (DAO K. Peche-Quilichini).

Pour la phase 1, la plus ancienne, une structuration interne a pu être identifiée avec un foyer qui semblait être l'élément central. Plaqué contre la paroi sud et d'un diamètre de 120 cm, il était délimité par des petits blocs avec une sole en argile parementée de tessons. Le bon état de conservation de la phase ancienne, a permis, pour la première fois sur le site, de documenter certains aspects de la subsistance, notamment la consommation de glands, de viande de bœuf et de chèvre ainsi que l'utilisation de cornes. Des concentrations de glands carbonisés et de restes d'animaux s'observent à la périphérie du foyer. Les outils de mouture se distribuent dans la partie septentrionale de la structure et révèlent l'activité et/ou le stockage des outils dans ce secteur.

La phase 2 se caractérise par la création d'une cloison interne incluant une porte rotative sur axe (crapaudine) et qui divise l'espace en deux. Un nouveau foyer ainsi qu'une structure associée, construite en pierre (dont des meules remployées), dont le plan fait penser à un crochet et à fonction indéterminée, sont alors établis sur le nouveau sol de l'habitation 6.

La phase 3 succède rapidement à la précédente. Elle se caractérise par la réduction très drastique de l'espace interne. La cloison interne devient ainsi plus massive et permanente en réemployant

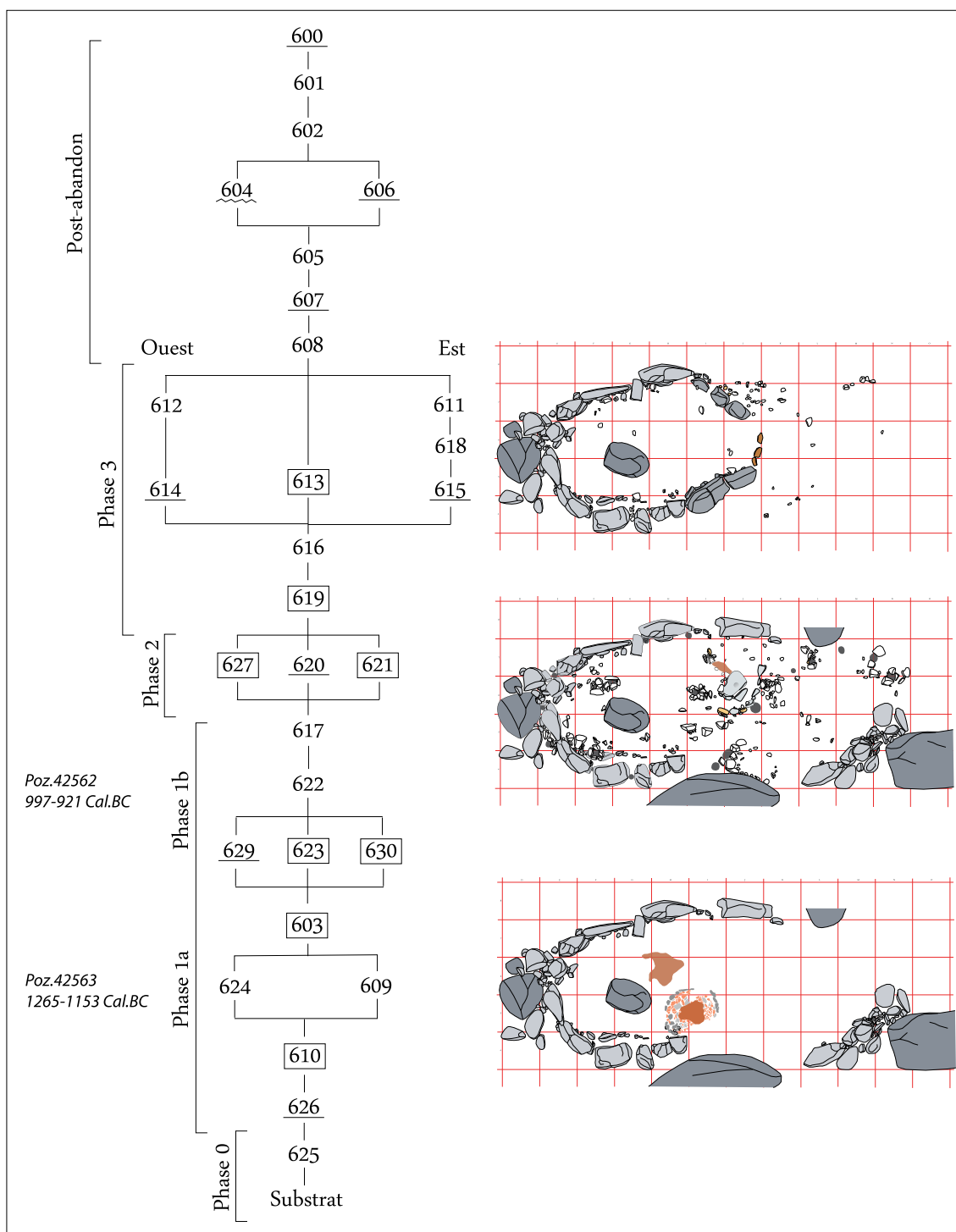


Figure 3. Cuciurpula (Corse). Plan et matrice stratigraphique de l'habitation 6 (DAO K. Peche-Quillichini).

des blocs des blocs de pierre probablement récupérés dans la partie orientale du bâtiment ; sa superficie est ainsi réduite à 12 m². L'US 608, d'où provient un outil en granite, correspond à la phase d'abandon de la structure 6.

Le secteur G1

Il correspond à une zone de dépotoir en lien avec un secteur artisanal puis avec une habitation (maison 4), utilisée entre la fin du Bronze final et la fin du premier âge du Fer (Xe-VIe siècles av.

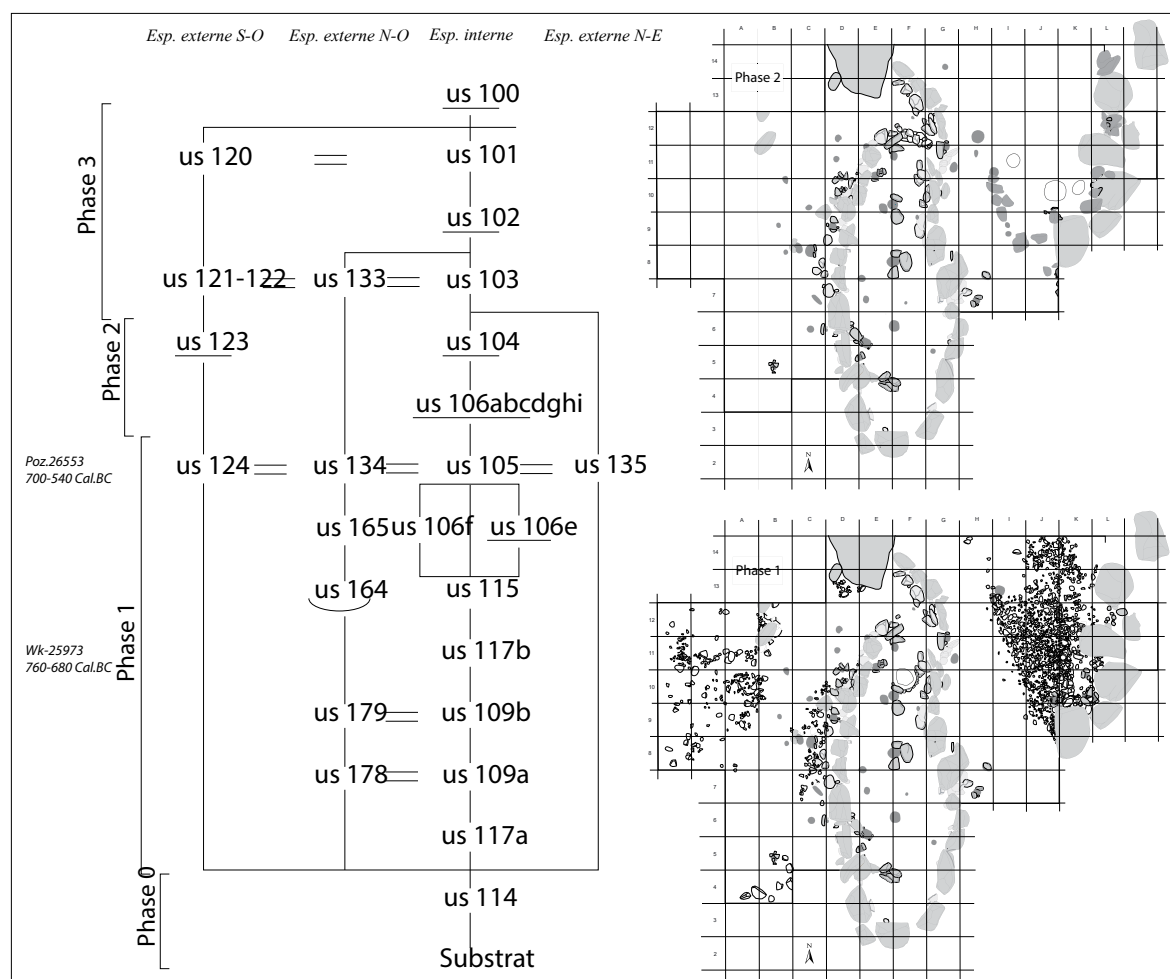


Figure 4. Cuciurpula (Corse). Plan et matrice stratigraphique de l'habitation 1 (DAO K. Pêche-Quilichini).

J.-C.). Divers outils en gabbro ou en quartzite, parfois en lien stratigraphique avec des creusets, des moules et des produits finis, ont été reconnus dans ces contextes.

L'habitation 1

Elle se situe dans la partie nord-orientale du site, à proximité des structures 14 et 15, pour constituer probablement une sorte d'unité domestique regroupant des structures de fonctions différentes (Pêche-Quilichini 2014a). De forme ovale et d'une superficie de 22 m², elle est orientée nord-sud avec son ouverture au nord et l'abside semi-circulaire au niveau de l'extrémité sud (Figure 4). La couronne périphérique de pierres est constituée de blocs massifs aux rebords saillants corrigeant le pendage naturel du sol par le choix de pierres de tailles différentes. L'analyse de la répartition des trous de poteaux fournit un aperçu du système de soutien des charpentes et permet de restituer un toit à double pente. Intercalés entre la structure en bois et la couronne de blocs, les murs devaient être constitués de rondins de bois superposés. À l'intérieur, près de l'entrée, un foyer de 95 cm de diamètre est constitué d'une sole d'argile délimitée par des pierres.

Les fouilles de l'habitation 1 (VIIIe-VIe siècles av. J.-C.) ont montré l'existence d'un niveau (US 114) précédant la construction, lié à des activités artisanales. C'est dans cette ambiance, que l'on date des environs du IXe siècle, que deux objets en quartzite ont été découverts l'un posé sur l'autre. Ils ont, probablement, été conservés dans un contenant aujourd'hui disparu.

Contexte	US	no	Long.	Larg.	Epa.	masse
Hab. 6	608	97	79.8	34.1	25.4	138
Hab. 1	114	1793	73.3	39.8	26	146
Hab.1	114	1795	90.8	51.7	29.5	255
G1		G110	75	30	20	91
G1		G104	67	35	19	76

Figure 5. Cuciurpula (Corse). Liste des outils découverts sur le site.

La métallurgie sur le site et sur l'île

Durant l'âge du Bronze, la Corse s'intègre à des réseaux d'échanges associant la Sardaigne et l'Italie. Ceux-ci ne sont ni réguliers ni permanents et varient en fonctions des périodes. La métallurgie, comme les productions céramiques, subit ces évolutions.

Sur le site, l'activité métallurgique de production d'objets en bronze puis en fer (au moins à partir du VII^e siècle av. J.-C.) est documentée par différents types de vestiges mobiliers en relation avec les chaînes opératoires : minerais (de fer), scories, creusets, moules (lithiques et céramiques), outils lithiques liés à la déformation plastique et objets finis.

Cependant en l'absence de minerai de cuivre, il est apparu que la métallurgie du bronze était alimentée par des activités de refontes. Une petite concentration de plaquettes de bronze sur une zone de 100 cm² au centre de l'habitation 1 pourrait correspondre à un stock destiné au recyclage (Pêche-Quilichini 2014 : 66–67) et conforter cette hypothèse.

L'outillage en pierre

Le site a livré cinq outils issus de trois contextes différents (Figure 5)



Figure 6. Cuciurpula (Corse). Outil de l'habitation n°6 (cliché et DAO L. Boutoille).



Figure 7. Cuciurpula (Corse). Outils de l'habitation n°1 (Cliché et DAO L. Boutoille).



Figure 8. Cuciurpula (Corse). Outils du secteur G1 (Cliché et DAO L. Boutoille).

L'outil de l'habitation 6

L'objet (97) est réalisé à partir d'un bloc de granite (possible granophyre) de forme et de section quadrangulaire. À l'exception d'un bord, dont le polissage apparaît incomplet, les faces et le second bord sont polis et la mise en forme apparaît, de ce fait, soignée. Les deux extrémités sont de forme rectangulaire, rectiligne de face et de profil avec des angles marqués mais non saillants. Les surfaces sont finement abrasées (Figure 6).

Les outils de l'habitation 1

Le premier outil (n°1793) est un bloc de quartzite de forme et de section rectangulaire aux bords légèrement convexes. L'aspect général de l'objet est régulier témoignant d'une mise en forme soignée. Les faces et les bords sont assez bien polis malgré des fissures à plusieurs endroits. Les deux extrémités sont très légèrement convexes de face et de profil. Elles montrent des plages, de forme rectangulaire, présentant un aspect abrasé très lisse mais non poli qui se démarque complètement de l'aspect de celui des faces et des bords. Plusieurs fissures, ainsi que plusieurs petits enlèvements, se développent à partir des extrémités et semblent résulter de l'utilisation de l'objet en percussion. Les extrémités disposent d'angles marqués mais non saillants. (Figure 7, n° 1793).

Le second objet (n°1795) est un peu plus massif que le premier. Il se distingue, du précédent, par une morphologie générale plus irrégulière grosso-modo trapézoïdale avec une section rectangulaire aux angles mousses. La mise en forme de l'objet apparaît, de ce fait, beaucoup plus sommaire avec un aspect moins poli que pour le premier objet. Ceci tend à y voir un bloc naturel très peu aménagé. L'extrémité la plus large, convexe de face et de profil, présente un aspect très finement percuté aux angles mousses. La surface active est également endommagée par deux cassures qui pourraient témoigner de l'utilisation en percussion lancée. La seconde surface active est rectiligne de face et de profil. Elle possède également ce même aspect percuté. (Figure 7, n° 1795).

Les outils du secteur G1

Deux petits outils proviennent des niveaux d'une zone de dépotoir, US G104 et G110.

L'objet de l'US G110 est un bloc de quartzite lité avec des paillettes de muscovite dont l'origine peut se trouver dans un rayon de 3km autour du site. L'objet est de forme oblongue avec une section ovale dont les deux extrémités portent une fine percussion. Les surfaces actives sont planes de faces et de profil aux angles mousses. L'objet ne semble pas mis en forme et correspond plutôt à un bloc naturel. (Figure 8, n° G110).

L'objet de l'US G104 est un bloc en roche filonienne dioritique de forme et de section quadrangulaire. À l'exception des deux extrémités qui sont finement percutées, l'objet est parfaitement poli (Figure 8, n°G110). De même que pour les outils n°1793 et n°97, la mise en forme semble soignée. Les surfaces actives sont planes voire très légèrement convexes de face et de profil avec des angles mousses.

En conclusion, trois types d'outils se distinguent par la forme et l'état des surfaces actives. Le premier correspond aux outils dotés de surfaces actives de forme rectangulaire plane ou très légèrement convexe de face comme de profil. L'objet de l'US G110 semble se démarquer par la forme ovale des surfaces actives. Cet outil dispose de surfaces actives plus irrégulières et généralement plus convexes avec un degré d'utilisation également beaucoup plus réduit. Les traces de percussion sont aussi différentes et ne présentent pas cet aspect lissé. Ceci invite à y voir un objet dont la fonction est différente et peut-être employé pour le travail du métal.

Etude fonctionnelle des outils

Les fines traces de percussion présentes sur les surfaces actives des outils n°97 et n°1793 en particulier, semblent suggérer une utilisation sur des surfaces très dures tel que le métal. L'aspect plat des surfaces actives suggère également une utilisation en percussion lancée perpendiculaire à l'objet travaillé. Ce type de surface active de forme rectangulaire plane voire légèrement convexe a pour résultante d'écraser le métal sur une surface assez large, ce qui ne provoque que peu de déplacement de matière. Ce type d'outil est donc assimilable aux marteaux utilisés pour planer et régulariser les surfaces des tiges et des fils. Il est possible qu'ils entrent en fonction dans la régularisation de lingots, la mise en forme de fils, tiges et le planage d'objet en tôle (*Boutoille sous presse*). Les outils n°97, n°1793 et US G104 apparaissent donc avoir eu des fonctions similaires et seule leurs masses les distinguent. De plus, tous les outils de Cuciurpula présentent des morphologies et des caractéristiques (surface actives) similaires qui suggèrent des fonctions identiques voire très proches. La différence entre les outils réside principalement dans la masse. On remarquera simplement qu'un outil dépasse 200 g, deux ont des masses proches de 150 g et que la masse des deux derniers outils ne dépasse pas 100 g. Ces différences laissent penser que les outils n'avaient pas exactement la même place au sein de la chaîne opératoire du métal ou alors qu'ils n'étaient pas employés sur le même type de production. Il est possible que les plus petits fussent réservés aux petits objets et les autres pour les productions de taille plus importante.

L'absence de trace d'un système d'emmanchement ainsi que la morphologie générale des outils suggèrent également que ces outils ne devaient pas être emmanchés mais employés à pleine main à l'image des représentations de orfèvres péruviens (Figure 9). Pour finir, on notera que tous les outils semblent correspondre à des outils actifs et, donc, l'absence d'outil passif (enclume). On retiendra également que les roches employées sont locales et facilement disponibles autour du site.

Les outils en pierre liés à la métallurgie corse dans le contexte de l'âge du Bronze en Europe.

Les outils en pierre liés à la déformation plastique des métaux, plus spécifiquement les marteaux et les enclumes, sont maintenant bien attestés pour le Néolithique/Chalcolithique et les phases anciennes de l'âge du Bronze dans de nombreux pays européens ; ils demeurent encore plus rarement mentionnés pour les phases plus récentes de l'âge du Bronze. On doit à J. Hundt (Hundt



Figure 9. Métallurgistes péruviens utilisant des outils en pierre (Benzoni 1857).

1975) de les avoir mis en lumière le premier puis les signalements se sont multipliés dans le reste de l'Europe (e.g. Boutoille 2019, *sous presse* ; Freudenberg 2010 ; Delgado Raack *et al.* 2006 ; Iaia 2015 ; Nessel 2019). Ces études ont montré la grande variabilité de ces outils avec des morphologies très différentes qui illustrent probablement des fonctions variées mais aussi des traditions culturelles distinctes.

Ils peuvent, par exemple, prendre la forme de haches polies dont on a repoli le tranchant pour former une surface plane ou bien de blocs présentant une ou plusieurs surfaces actives. Certains présentent aussi des rainures pouvant être utilisées pour l'emmanchement alors que d'autres semblent avoir été manipulés à pleine main. Pour la France, on notera les outils sur hache de Senas-Eyguière « Bel Air » (Bouches du Rhône) découvert dans une nappe de mobilier attribuable à la fin du Néolithique (Gourlin *et al.* 2016 : 309) et qui constitue à ce jour le plus ancien outil découvert en France. Ils sont présents jusqu'à la fin de l'âge du Bronze notamment dans le dépôt de Gévelard (Thevenot 1998) mais aussi sur le site du Bronze final de Champagnole « les Planchettes » dans le Jura (Ducieux *et al.* 2012).

Les outils réalisés sur des blocs sont les moins bien connus, comme des polissoirs voire des percuteurs en fonction de leurs aspects généraux. Cependant, on en connaît aussi en contexte d'atelier lié au travail de l'argent sur le site du Bronze ancien de Tira del Lienzo (Delgado Raack *et al.* 2018) et au sein de l'atelier, plus récent, du site de Cabezo Redondo tous deux dans le sud-est de l'Espagne (Boutoille 2018 ; Hernandez Perez *et al.* 2016).

En Italie mais aussi en Espagne, les études sur les outils des métallurgistes témoignent de la grande diversité des formes et probablement aussi des fonctions (e.g. Delgado Raack *et al.* 2008 ; Iaia 2015 ; Nessel 2019 ; Boutoille *sous presse*). Cette variété des formes et fonctions de l'outillage en pierre atteste que les outils en pierre ont pu entrer en fonction pour la fabrication des tôles métalliques mais également pour l'affûtage de lame ainsi que l'ébarbage de haches par exemple. En fonction de leur place au sein de la chaîne opératoire du métal, ces outils ont donc dû prendre des aspects très différents. On peut cependant regretter que dans ces études la fonction précise des outils n'est que peu abordée et leur place précise au sein de la chaîne opératoire du métal reste souvent abordée de manière superficielle. Dire qu'un marteau sert à marteler n'apporte rien pour la compréhension de l'outil et sur la détermination de sa place au sein de la chaîne opératoire du métal.

Pour la Corse en particulier, F. Janny et L. Costa signalent un changement radical des productions lithiques entre le Chalcolithique et le début de l'âge du Bronze (Janny *et al.* 2004). Dans beaucoup de pays comme la France, l'Espagne, le Portugal voire en Italie, beaucoup d'outils liés à la métallurgie sont directement réalisés sur des haches néolithiques (Iaia 2015 ; Cardoso *et al.* 2018 ; Boutoille *sous presse* ; 2019), les exemplaires corses se distinguent car ils semblent être réalisés à l'image de haches mais selon une chaîne opératoire différente et à partir de roches non exploitées au Néolithique ; aucune hache néolithique ne semble avoir été réutilisée. De plus, tous ces outils, découverts dans des contextes d'habitat où la métallurgie est attestée par des déchets de production ou des objets finis, seraient à mettre en lien avec des activités métallurgiques comme la mise en forme d'objets ou l'entretien de l'outillage métallique (Janny *et al.* 2004).

Alors que dans d'autres pays, l'utilisation des haches polies semblent illustrer une sorte de continuité entre Néolithique et âge du Bronze par la réutilisation et donc le recyclage de productions antérieures, les populations de Corse se démarquent par la réalisation de nouvelles productions. En l'absence d'étude plus globale sur l'outillage en pierre des métallurgistes insulaires, il est impossible d'essayer de reconstituer l'évolution de la forme des outils. Ce corpus constitue donc une production originale et atypique à l'échelle européenne, qui mérite de plus amples recherches.

En Conclusion

La reconnaissance d'un ensemble d'outils lithiques liés à la métallurgie découverte dans de possibles zones d'atelier constitue donc une première en Corse. Cette avancée concerne le Bronze final et le premier âge du Fer du sud de l'île, soit les contextes aujourd'hui les mieux documentés de la Protohistoire insulaire, laissant présager d'autres avancées. À l'échelle du site, cette découverte permet d'approcher de façon plus précise les chaînes opératoires de production des objets métalliques. À l'échelle de l'Europe, les outils en pierre de Cuciurpula marquent un jalon chronologique important : ils attestent de l'utilisation d'outils en pierre au premier âge du Fer.

Bibliographie

- BENZONI, G. (1857) – *History of the New World*. Londres, Editions Hakluyt Society
- BOUTOILLE, L. (2018) – Instrumentos líticos procedentes de un taller metalurgico del Bronce Tardío en el Cabezo Redondo, Villena (Alicante). *BILYANA* 3, pp. 6–21
- BOUTOILLE, L. (2019a) – Eine funktionale Typologie frühmetallzeitlicher Schmiedegerate aus Frankreich und seinen Nachbarländern. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 49 (1), pp. 41–56
- BOUTOILLE, L. (2019b) – Cushion stones and company: British and Irish finds of stone metalworking implements from the Bell Beaker period to the Late Bronze Age ». in BRANDHERM, D. (ed.), *Aspects of the Bronze Age in the Atlantic Archipelago and Beyond. Proceedings from the Belfast Bronze Age Forum*. Hagen: Curach Bhan Publications, pp. 203–218 (*Archaeologia Atlantica*, Monographiae III)
- BOUTOILLE, L. (*sous presse*) – *Le marteau sonnait sur l'enclume : typologie et fonction de l'outillage en pierre des premiers métallurgistes en France*. Hagen : Curach Bhan Publications
- CARDOSO, J.L.; BOUTOILLE, L.; BRANDHERM, D. (2018) – Instrumentos líticos para a deformação plástica de metais do povoado calcolítico de Outeiro Redondo (Sesimbra). *Estudos Arqueológicos de Oeiras*, 24, pp. 291–306
- DELGADO-RAACK, S.; RISCH, R. (2008) – Lithic perspectives on metallurgy: an example from Copper and Bronze Age south-east Iberia. In LANGO, L.; SKAKUN, N. (dir.) – “Prehistoric Technology” 40 years later, functional studies and the Russian legacy. *Proceedings of the International Congress Verona (Italy)* (2005). Oxford, British Archaeological Reports, pp. 235–251. (BAR International Series, 1783)
- DELGADO-RAACK, S.; LULL, V.; MARTIN, K.; MICO, R.; RIHUETE HERRADA, C.; RISCH, R. (2016) – The silversmith's workshop of Tira del Lienzo (Totana, Murcia) in the context of Iberian Bronze Age metallurgy. *Archaeometry* 58 (5), pp. 779–795

- DUCREUX, F.; GOUTELARD, A.; JACCOTTEY, L.; SORDOILLET, D.; WIETHOLD J. (2012) – *Champagnole, Jura, les Planchettes : structures à pierres chauffantes de la fin de l'âge du Bronze et occupation du premier âge du Fer au pied du Mont-Rivel*. Dijon, INRAP Grand-Est Sud [Rapport final d'opération]
- FREUDENBERG, F. (2010) – Stone Age or Bronze Age? Cushion stones and other stone tools used for early metalworking in Schleswig-Holstein. In ERIKSEN, B.V. (dir.) – *Lithic technology in metal using societies*, Proceedings of a UISPP workshop, Lisbon (Septembre 2006). Aarhus: Aarhus University Press, pp. 23–32
- GOURLIN, B.; CAULIEZ, J. (2016) – Bel-Air, Sénas (Bouches-du-Rhône). Un site d'habitat de plein-air de la fin du Néolithique sur le piémont oriental du massif des Alpilles. Premiers résultats. In CAULIEZ, J.; SÉNÉPART, I.; JALLOT, L. ; DE LABRIFFE, P.-A.; GILABERT, C.; GUTHERZ, X. (dir.) – *De la tombe au territoire*. Toulouse, Archives d'Écologie préhistorique, pp. 285–317
- HERNÁNDEZ PÉREZ, M.; GARCÍA ATIÉNZAR, G.; BARCIELA GONZÁLEZ, V. (2016) – *Cabezo Redondo (Villena, Alicante)*. Alicante: Publicacions Institucionals de la Universitat d'Alacant
- HUNDT, H.-J. (1975) – Steinerne und kupferne Hammer der frühen Bronzezeit. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 5, pp. 115–120
- IAIA, C. (2015) – Ricerche sugli strumenti da metallurgo nella protostoria dell'Italia settentrionale : gli utensili a percussione. *Padusa* 50, pp. 65–109
- JANNY, F.; COSTA, L. (2004) – Evolution et transformation des industries lithiques taillées et polies durant le Chalcolithique et l'âge du Bronze en Corse. *L'Anthropologie*, 108, pp. 111–119
- NESSEL, N. (2019) – *Der bronzezeitliche Metallhandwerker im Spiegel der archäologischen Quellen*. Bonn: R. Habelt (Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie, 344)
- PECHE-QUILICHINI, K. (2014) – *Cuciurpula, un village protohistorique en Alta Rocca*. Ajaccio, ARAC Editions
- PECHE-QUILICHINI, K.; BREC DRELON, N.; BIANCIFIORI, E.; BOUTOILLE, L.; MARTIN, L.; MAYCA, J.; RAGEOT, M.; RECCHIA-QUINIOU, J. (2014) – L'habitation 6 de Cuciurpula (Serra-di-Scopamena et Sorbollano, Corse-du-Sud). Eléments de définition chronologique, culturelle et économique du Bronze final de Corse méridionale. In SÉNÉPART, I.; LEANDRI, F.; CAULIEZ, J.; PERRIN, T.; THIRAULT, E. (dir.) – *Chronologie de la Préhistoire récente dans le Sud de la France*, Actes des 10^e rencontres méridionales de Préhistoire récente. Toulouse, Archives d'Écologie préhistorique, pp. 323–337
- THÉVENOT, J.-P. (1998) – Un outillage de bronzier : le dépôt de la Petite Laugère, à Gênelard (Saône-et-Loire, France). In MORDANT, C.; PERNOT, M.; RYCHNER, V. (dir.) – *L'atelier du bronzier en Europe du XX^e au VIII^e siècle avant notre ère, t. 2 : du minéral au métal, du métal à l'objet*. Actes du colloque international «Bronze 96», Neuchâtel et Dijon (1996). Paris, Editions du CTHS, pp. 123–143

La forge hallstattienne de Weyersheim (Bas-Rhin, France) - Hallstatt D3/La Tène ancienne

Michler Matthieu¹, Jodry Florent², Badey Sylvain³, Clerc Patrick⁴,
Avec la collaboration de Béranger Marion⁵, Cabboï Luisella⁶,
Van ES Marieke⁷

Abstract

In Weyersheim (Bas-Rhin), a developer-driven archaeological dig led by Inrap in 2014 (future “Les Hauts de la Zorn” housing estate) revealed for the first time in Alsace the remains of a forge, on a site occupied by Late Hallstatt and Early La Tène.

In the south-western part of the site, two structures (silo 1003 and pit 1014) stand out for the impressive quantity of metallurgical waste discovered (nearly 280 pellets).

A total of 16 anvils could be studied. These granite striking platforms have surfaces that bear the physical traces of use probably linked to forging (impact marks, polish). Many variations of the superficial colorations (grey, ocher, or rusty) are visible as iron incrustations. A statistical study of these surfaces is presented here.

The lithic tools (21 artefacts studied) also consist of hammerstones, querns, polishers, and smoothers/sharpeners.

Keywords

IRON AGE, FORGE, ANVILS, STONE TOOLS, SLAGS

Résumé

À Weyersheim (Bas-Rhin), une fouille archéologique préventive dirigée par l'Inrap en 2014 (futur lotissement *Les Hauts de la Zorn*) a livré pour la première fois en Alsace les restes d'un atelier de forge, sur un site occupé de la fin du Hallstatt et du début de La Tène ancienne.

Au sud-ouest de l'emprise, deux structures (silo 1003 et fosse 1014) se singularisent par la quantité impressionnante de déchets métallurgiques découverte (près de 280 culots).

Au total, 16 enclumes ont pu être étudiées. Ces supports de frappe en granite possèdent des surfaces qui portent les stigmates physiques d'une utilisation probablement liée à la forge (impacts, polis). De nombreuses variations des colorations superficielles (grise, ocre ou rouillée) sont visibles comme des incrustations ferreuses. Une étude statistique de ces surfaces est présentée ici.

L'outillage lithique (21 artefacts étudiés) se compose également de percuteurs, de molette, de polissoirs et de lissoirs/aiguillonniers.

Mots clés

ÂGE DU FER, FORGE, ENCLUMES, OUTILS LITHIQUES, SCORIES

Un document supplémentaire concernant l'étude statistique est disponible à cette adresse :
<https://hal.science/halshs-01436440v1>

¹ Inrap GES, UMR 7044 Strasbourg

² Inrap GES, UMR 7044 Strasbourg

³ Inrap CIF, UMR 7324, Tours

⁴ Inrap GES, UMR 5060 – IRAMAT Belfort

⁵ UMR 5060 – IRAMAT-LMC Belfort

⁶ Inrap GES, UMR 5060 – IRAMAT Belfort

⁷ Inrap GES



Figure 1. Localisation du site de Weyersheim dans le Bas-Rhin et des autres sites contemporains ayant livré des traces d'artisanat du fer :

1 - Rosheim ; 2 - Bischoffsheim ; 3 - Wolfisheim ; 4 - Holtzheim ; 5 - Entzheim ; 6 - Souffelweyersheim ; 7 - Duntzenheim ; 8 - Gougenheim ; 9 - Mittelhausen ; 10 - Mittelshaeffolsheim ; 11 - Olwisheim ; 12 - Eckwersheim ; 13 - Reichstett MS ; 14 - Pfulgiesheim ; 15 - Brumath ; 16 - Geispolsheim ; 17 - Ettendorf ; 18 - Weyersheim (numéro en rouge sur la carte) ; 19 - Kurtzenhouse. © Matthieu Michler, Inrap

Introduction

Cet article fait suite à la découverte et l'étude du site de Weyersheim *Les Hauts de la Zorn* (Bas-Rhin), fouillé fin 2014 par l'Inrap (Michler 2017 ; Michler *et al.* 2018). Une partie des structures (silos, fosses) avait été mise en évidence lors d'un diagnostic archéologique dirigé par P. Dabek l'année précédente (Dabek 2013).

Situé dans la plaine rhénane à 15 km au nord de Strasbourg le village de Weyersheim (Bas-Rhin), chevauche plusieurs unités géographiques, comme les collines de Brumath au nord-ouest, la vallée de la Zorn au sud et la vallée du Rhin à l'est (Figure 1). L'emprise de fouille de près de 1 ha (emprise totale du projet 6,2 ha) se situe à l'ouest de la commune.

La découverte la plus originale est celle d'un atelier de forge (str. 1014) contemporain des structures de stockage, qui pour certaines, en particulier le silo 1003, ont servi de fosse de rejet pour des scories et culots. Lors du diagnostic, de pareils éléments avaient également été découverts dans certaines structures (str. 19, 32, 40 et 45), mais les traces d'un artisanat du métal étaient illustrées par une seule fosse de combustion de taille réduite et mal datée (str. 07, plus à l'est, secteur non prescrit). Ces vestiges d'activité métallurgique ont par conséquent fait l'objet d'analyses poussées qui ont permis, entre autres de situer les limites de l'occupation en dehors de l'emprise (pour ce qui est de l'activité métallurgique). Cette découverte majeure, encore inconnue régionalement, illustre une vocation particulière du site, même si elle s'intègre dans un contexte d'ensilage bien identifié comme c'est le cas pour d'autres sites alsaciens contemporains.

La nouveauté réside également dans la mise au jour d'enclumes en pierre au niveau de l'atelier et en dehors. Ces supports de frappe en granite régional (gros galets roulés) ont pu servir pour le forgeage d'objets, comme le montrent les nombreux stigmates qui illustrent une activité de martelage.



Figure 2. Plan phasé du site avec les structures ayant livré des objets en fer ou en alliage cuivreux, ainsi que des restes liés à l'artisanat du métal. Plan : Matthieu Michler, Jean-Luc Wuttmann, P. Girard

Le site et ses occupations

À l'issue du décapage nous avons comptabilisé 109 structures majoritairement en creux (Figure 2).

Trois phases principales se dégagent : la phase médiane du Bronze final pour le dépôt de crémation 1060, le Hallstatt D3/La Tène ancienne pour la majorité des structures (soixante-douze faits : silos, fosses d'extraction, atelier de forge, rares trous de poteau), la période moderne et/ou contemporaine pour une seconde structure de chauffe et un silo à betterave. Quelques structures oblongues non datées s'apparentent aux fosses à profils en V ou Y.

Le Bronze final

Un dépôt de crémation secondaire en fosse ajustée, probablement isolé, a été fouillé dans la partie médiane de l'emprise à l'est (1060). Très arasé, il ne restait que le fond du vase où était disposé l'amas osseux. La finesse du sédiment suggère la présence d'un couvercle sur le vase. Outre les os humains brûlés, de rares portions d'os de faune et deux éléments métalliques (un fragment

de parure en or et un fragment de bronze) également carbonisés constituent des offrandes. Une datation sur os a fourni l'intervalle 1257 et 1019 BC à deux sigmas, en adéquation avec les pratiques funéraires et le mobilier connus du Bronze D1 (Bronze final I) à la fin du Ha B1 ancien (Bronze final IIb).

L'occupation principale du Hallstatt D3-La Tène ancienne

Durant la seconde phase d'occupation, le site est majoritairement occupé par au moins deux zones d'ensilage (partie nord et sud de l'emprise). Les rares fosses d'implantation de poteaux conservées au nord dessinent un bâtiment à une ou deux nefs de moins de 20 m². La datation par radiocarbone sur charbon tombe dans le plateau du Hallstatt, mais oriente vers la phase de transition premier-second âge du Fer. Près de soixante-douze structures, dont cinquante silos, des fosses en cuvettes ou de restes de fossés peu fournis contenaient des rejets domestiques, comme de la poterie, des éléments de parure, de la faune, du torchis, des outils macrolithiques.

Outre les vestiges d'activités artisanales liés à la fabrication d'objet en alliage cuivreux (petits fragments de moules ou creusets), la principale activité mise au jour sur le site est celle de post-réduction du fer. Avec ses 92 culots complets (25,5 kg), le silo 1003, situé en bordure d'emprise signale l'épuration primaire de masses brutes de réduction. Quant à l'atelier illustré par les structures 1013 et 1014, il reste exceptionnel à plus d'un titre avec ses 188 culots complets (41,8 kg). Il a également livré des chutes métalliques (battitures, barres, Figure 7) qui résultent quant à eux des étapes de mise en forme d'objets, en fonction de procédés fortement oxydants.

Le mobilier céramique provenant d'une quarantaine de structures oriente la datation à la fin du Hallstatt soit le Ha D3 et le tout du début de La Tène ancienne. Les silos 1077 et 1089 ont livré les plus gros ensembles. Les formes basses ouvertes à profil sinueux sont nombreuses. Quelques tessons présentent des dépôts blancs internes. On retrouve aussi des poignées de couvercle ou bien de couvre-feu ici, étant donné le gabarit.

Le corpus est comparable à celui découvert sur le site d'Entzheim-Geispolsheim « Aéroport » (Bas-Rhin) (Landolt *et al.* 2008), notons l'absence dans notre corpus de céramique tournée. Aucun véritable stigmate en lien avec l'activité métallurgique n'a été observé.

Les neuf objets en fer (herminette, ciseau, lance) et en alliage cuivreux (fibules à pied décoré par exemple) trouvent des comparaisons dans le domaine hallstattien centre-occidental (Dubreucq 2007) comme le site champenois de Vrigny dans la Marne (Bocquillon *et al.* 2009).

Enfin, l'étude du matériel faunique souligne une consommation de viande essentiellement fournie par des abattages de bœufs et de porcs, avec une diversification centrée sur les caprinés. La chasse aux grands gibiers et la collecte de bois de mues ont été mises en évidence. La présence de dépôts particuliers, d'un cadavre de chien et de ramures de cerfs, renvoie à d'autres exemples régionaux de possibles pratiques rituelles domestiques.

Répartition spatiale des activités métallurgiques et des objets manufacturés (alliage cuivreux et fer)

La figure 2 illustre également la répartition dispersée de ces artefacts sur l'emprise. Les deux bracelets fins en bronze proviennent de structures proches (str. 1071, 1077), comme les éléments de fibules, proches du fossé 1063 d'où proviennent des restes de creusets ou moules en terre cuite (hypothèse d'un petit atelier de bronzier dans cette zone) et du silo 1061. On ne les retrouve plus à l'ouest dans le secteur de l'atelier de forge. Les objets en fer se trouvaient dans des fosses et silos situés à trois extrémités du site. L'herminette était associée avec un lot important de céramique dans le fond du silo 1089. Le colmatage rapide et cette disposition particulière nous laissent supposer qu'il s'agit d'un dépôt et non pas d'un simple rejet domestique.



Figure 3. Vue vers l'ouest du silo St.1003, utilisé entre autres comme dépotoir de l'atelier de forge. Seule la moitié est a été fouillée, l'autre moitié est située hors emprise. © cliché P. Clerc, Inrap

Pour l'artisanat du fer, les culots et se trouvent dans des silos parfois à plus de 70 m de l'atelier, mais en grande majorité dans la partie ouest de l'emprise.

L'artisanat du fer (forge et structures associées)

Le silo 1003 et la fosse 1014, distante de quelques mètres, concentrent les vestiges d'un atelier de forge abandonné il y a près de 2500 ans.

Le silo 1003 (Figure 3)

De plan circulaire (diam. 1,40 m) et de profil tronconique, ce silo n'est conservé que sur 1 m d'épaisseur. À cheval sur la limite d'emprise, seule une moitié a été fouillée et a livré plus de 23 kg de scories et plusieurs boules de terre cuite en position de rejet. La céramique découverte (formes basses et moyennes à profil sinueux, pots...) permet de dater le comblement Hallstatt D3/La Tène ancienne.

La fosse 1014 (Figure 4 et 5)

Cette fosse semble fonctionner avec une structure voisine très arasée (St 1013) et a également livré un matériel archéo-métallurgique exceptionnel, tant par sa quantité que par la diversité des éléments. La fouille fine a mis en évidence trois phases bien distinctes :

- la phase de fonctionnement de la structure comme fosse dépotoir liée à l'activité sidérurgique, avec un fond riche en mobilier
- la phase de comblement de la fosse par des matériaux issus du démantèlement du (ou des) foyer(s) et d'une bonne partie de l'atelier (enclumes) suite à l'arrêt de son fonctionnement.
- la phase d'abandon et de recouvrement de la fosse.

Les datations C14 réalisées sur des charbons de bois des niveaux de comblement et de fonctionnement proposent respectivement 2430 ± 30 BP et 2465 ± 30 BP (problème du plateau hallstattien entre le huitième et le cinquième siècle av. J.-C.)



Figure 4. Vue du début de la fouille de la fosse 1014. En haut : mise au jour des premiers grands fragments de terre cuite et des blocs de granite. En bas : dégagement des niveaux superficiels (US.4, US.12 et US.13).
© clichés P. Clerc, Inrap

L'abandon

Les niveaux supérieurs de la fosse contiennent et recouvrent les blocs évoqués plus bas. Ils sont pauvres en artefact et scellent les couches sous-jacentes.

Un lot exceptionnel d'enclumes abandonnées (Figure 6)

La fouille a livré une série impressionnante de seize blocs granitiques en position secondaire groupés au centre de la structure et reposant sur une couche particulièrement riche en matériaux archéo-métallurgique. Il s'agit exclusivement de gros fragments de blocs granitiques arrondis importés sur le site dont l'analyse des surfaces est présentée plus bas.

Certains blocs, dépassant parfois les 40 kg sont intacts, alors que d'autres montrent des cassures relativement fraîches situées précisément sur des zones actives. Ce lot est exceptionnel pour cette période chronologique en Europe et illustre les supports de frappe d'un atelier sidérurgique.

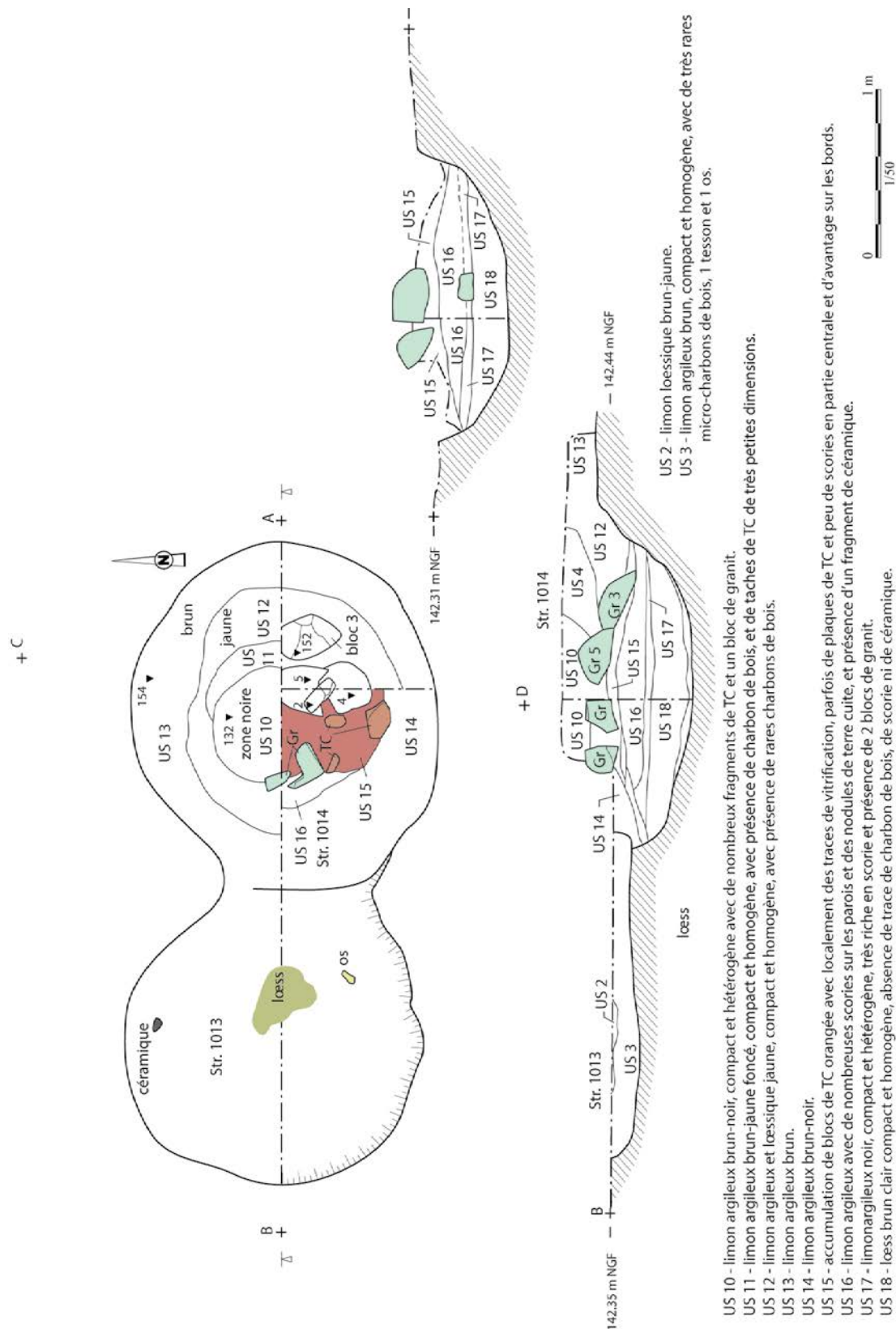


Figure 5. Relevé des faits 1013 et 1014. © P. Clerc, P. Girard, M. Michler



Figure 6. Vue des premiers blocs de granite découverts dans le comblement de la fosse 1014. © cliché P. Clerc, Inrap



Figure 7. Refus de tamis d'un litre de sédiment prélevé dans l'US.16 dans la fosse St.1014. Parfois jusqu'à 180 gr de battitures par litre. © cliché P. Clerc, Inrap

Plusieurs foyers démantelés sur place

Plus de 26 kg de terre cuite ont été prélevés : parois de foyer de différentes tailles, fragments de tuyères avec conduit de ventilation, bouchons, etc.. Les éléments de comparaison sont rares.

Le dénombrement du nombre de foyers reste à faire. Ces derniers sont illustrés par des éléments de parois vitrifiées sur près de 2 cm d'épaisseur. Le plus grand fragment est globalement de forme carrée de 20 cm de côté et possède un évent.

Ce niveau correspond donc à une seule et même phase de comblement, comprenant les résidus de forges et le lot d'enclumes. Un seul fragment de céramique grossière ubiquiste provient de cette couche

Un niveau de fonctionnement et des battitures en quantité (Figure 7)

Les niveaux sous-jacents semblent correspondre au fonctionnement de l'atelier, car composés exclusivement de résidus de forges : scories, petits fragments de terre cuite et de parois de foyer, rares, petits blocs granitiques. L'échantillonnage systématique et le tamisage nous ont permis de quantifier les résidus archéo-métallurgique dont des battitures (30 kg en tout) de toutes sortes et toutes les tailles (granulaires, globulaires, lamellaires, billes, etc.) mêlées aux scories. Ces résidus proviennent probablement du nettoyage du niveau de sol de l'atelier (non conservé) en périphérie des enclumes. Les chutes de métal restent rares.



Figure 8. Exemple d'une scorie complète de type SFR 2, issue du silo 1003 (Us.06-5).
On distingue de nombreuses empreintes de charbon de bois.

© cliché P. Clerc, Inrap

Analyses macroscopiques des résidus de la forge (Figure 8)

La fosse 1014 totalise à elle seule 42,870 kg de scories et plus de 26 kg de fragments de paroi de foyer et de terre cuite. Au total, ce sont plus de 67 kg de scorie de type ferreuse pour la plupart qui ont été récoltés lors de cette opération.

En définitive, la masse totale de résidus de forges retrouvée dans les deux structures 1003 et 1014 (scories et battitures) approche donc 110 kg (106,390 kg) à laquelle on pourrait ajouter les éléments contenus dans la seconde moitié du silo, c'est-à-dire 23 kg : en fin de compte une estimation totale de 130 kg. Ces valeurs placent le site parmi les plus riches en données pour l'Europe (site de Sévaz en Suisse : 120 kg ; Bragny-sur-Saône, Saône-et-Loire : 400 kg ; Lyon-Vaise, Rhône: 139 kg, d'après Filippini 2015 : 180-181).

Les analyses métallographiques

Les résultats permettent de reconnaître l'intégralité de la chaîne opératoire de post-réduction.

D'un côté les culots étudiés provenant du silo 1003 sont caractéristiques d'une phase d'épuration primaire de masses brutes de réduction. Ils présentent un grand nombre de porosités et de replis non ou peu déformés et peuvent inclure de gros fragments de métal mesurant plusieurs centimètres de côté, aux surfaces irrégulières, détachées d'une masse de métal brut. La proportion de métal perdu est très importante.

Du côté de la fosse 1014, l'étude des scories témoigne des étapes de compactage à un stade ultérieur, mais portant toujours sur une matière première «sale». Des culots comprennent des éclats de métal de taille centimétrique aux surfaces cette fois-ci légèrement déformées, ce qui indique la formation probable de battitures. Les fragments de métal perdus avaient une teneur en carbone qui en faisait des éléments tout à fait déformables en forge.

L'étude d'un échantillonnage représentatif de scories provenant des structures 1003 et 1014 permet de reconnaître le travail d'artisan(s) réalisant des tâches récurrentes et probablement spécialisées, et de mettre en évidence deux types d'activités distinctes, spatialement séparées.

Ainsi, les culots de la fosse 1003 (Figure 8) se rapportent aux premières étapes de la chaîne opératoire de post-réduction, d'épuration-compactage d'une matière première brute à peu près épurée, alors que les culots de la fosse 1014 (type gris dense et ferreux notamment) résultent quant à eux des étapes de mise en forme d'objets. Plusieurs culots se caractérisent par une stratification correspondant à des séquences distinctes d'une même opération technique (différences dans les cycles thermiques par exemple).

D'après le mobilier archéologique, l'environnement proche et les dates radiocarbone, la contemporanéité de ces activités est fort probable.

L'outillage en pierre

L'outillage en pierre découvert sur le site est composé d'un aiguiseur (st 1092), d'une molette (st 1063), de trois polissoirs (1053 et 1081), de six percuteurs (st 1058, 1077, 1085, 1089 et 1107) et de sept lissoirs (st 1006, 1053, 1063, 1085). Deux galets oblongs en grès fin, l'un de 12cm de longueur (st 1065) et le second de 18cm de longueur (st 1077) peuvent être ajoutés à cet inventaire. Exempts de trace, ces deux pièces semblent correspondre à un stock d'outils d'aiguisage.

Les seize fragments d'enclumes viennent compléter cette liste, dont deux découverts dans la structure 1074 et quatorze dans la structure 1014 (Figure 6). Une démarche d'assemblage des blocs

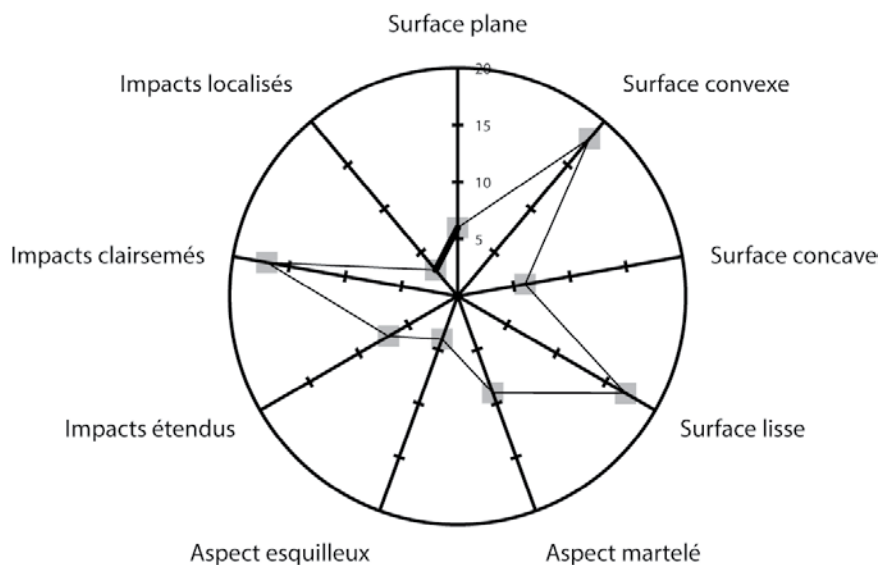


Figure 9. Dénombrement (graphique radar) des types de surfaces actives, des types d'impacts et des aspects de surfaces présents sur les enclumes découvertes.
© Matthieu Michler, Inrap

a été tentée, mais n'a pas été concluante en raison notamment de la masse de certains blocs dont les plus pondéreux atteignent 31 kilogrammes.

Les outils liés à la sphère métallurgique

Les enclumes

Ce lot de 16 blocs de granite, totalisant 206,9 kilogrammes⁸, a été choisi vraisemblablement parmi de gros galets roulés (Figure 9). Ils sont tous brisés et ne portent a priori aucune trace de mise au feu, ce qui nous conduit à penser que la force cinétique (volontaire ou non) est à l'origine de ces fractures.

La pluralité des stigmates, sur les faces et les arêtes, suppose différentes étapes de traitement et une utilisation de différents outils à percussion lancée plurifonctionnels⁹ (Figure 10 et 11). Les enclumes connues pour cette période du tout début de La Tène ancienne ne sont pas nombreuses.

Citons celle de Sévaz/Tudinges en Suisse (illustrée dans Bauvais 2008) trouvée dans un contexte similaire, sur laquelle est bien visible une cupule thermo-mécanique s'approchant de nos surfaces concaves. Pour le II^e siècle av. J.-C. citons celle de la forge de Paule en Côte d'Armor (Menez *et al.* 2007 : 224, 231). Les exemplaires ne sont guère plus nombreux pour La Tène finale (enclume de Rochères dans l'Aisne, *ibid.* ou de Neuville-sur-Sarthe, Sarthe, Jodry 2015).

Le granite, « un voyage inattendu »

Les pièces en grès et les galets de quartzite ont été prélevés sur la base d'un ramassage opportuniste probablement dans le lit rhénan proche ou les rivières vosgiennes. Toutefois la rhyolite de type La Salle et le gneiss relèvent probablement d'un ramassage plus organisé ou de la transformation d'outils déjà présents sur le site. Toutefois, le cas du granite est *a priori* plus complexe puisqu'il

⁸ Nous pouvons ajouter à ce lot 73 fragments indéterminés de granite, d'une masse totale de 17,6 kilogrammes, extraits des structures 1003 et 1014. Tandis que la structure 1003 a livré 9 blocs (2,1 kilogrammes), la structure 1014 en a livré 64 pour une masse totale de 15,5 kilogrammes.

⁹ Outil à plusieurs surfaces actives destinées à des fonctions et opérations différentes



Figure 10. Bloc 1 de la fosse 1014. Cette enclume porte une vaste surface active plane, mais interrompue par une cassure. © cliché P. Clerc, retouche M. Michler, Inrap

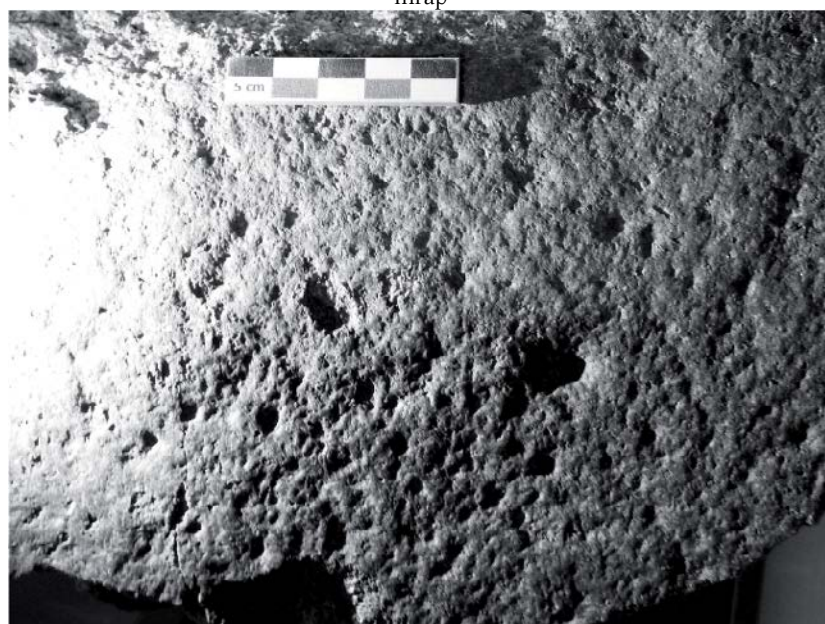


Figure 11. Bloc 1 de la fosse 1014. Vue avec lumière rasante de la surface active et des impacts nombreux © cliché P. Clerc retouche M. Michler, Inrap

semble avoir été choisi pour ses propriétés mécaniques. En effet, plus la texture d'une roche est cohérente et par conséquent tenace, plus elle est résistante à la propagation d'une fissure (Fronteau, Boyer 2011 : 113). Le choix de galets n'est certainement pas le fait du hasard, vu la forte proportion de surfaces actives de formes convexes.

C'est dans l'environnement de Gunsbach¹⁰, dans la vallée de la *Fecht*, à environ 100 kilomètres au sud-ouest du site de Weyersheim qu'ont sans doute été prélevés les blocs. En effet, les flancs de cette vallée sont des sources potentielles d'approvisionnement facilement accessibles (Figure 12).

¹⁰ Communication orale de Pierre Fluck, professeur à l'Université de Haute-Alsace.

Analyses statistiques

L'analyse que nous proposons est pour le moment unique, les surfaces actives des enclumes connues n'ont pas bénéficié de descriptions qualitatives très poussées ou celles-ci n'ont pas été publiées. Un tableau descriptif complet est présent dans le rapport de fouille avec les dimensions des surfaces.

Le granite utilisé à Weyersheim est une réponse intéressante pour la réalisation d'outils massifs, car l'inertie de tels éléments, leur capacité à renvoyer l'énergie de la percussion, dépend de la masse (Pieters 2013 : 9). Les cassures témoignent très certainement de cette énergie cinétique. Il s'agit ici d'une première approche qu'il serait nécessaire d'élargir à d'autres enclumes du domaine hallstattien et à confronter avec des essais d'archéologie expérimentale réalisés par des artisans forgerons. Pour le moment, seules des informations orales ont été collectées. La morphologie des surfaces actives associée aux types de traces signale probablement deux méthodes de forge à l'instar de celles déterminées par les deux grands types de culots découverts sur le site. D'une part, la forge d'épuration avec une percussion caractérisée par des coups secs qui nécessitent des plages actives vastes, et d'autre part une forge d'élaboration où les chocs sont plus puissants et les surfaces actives plus réduites. Ceci reste une proposition que seules des analyses plus détaillées pourraient attester.

Nous avons tout d'abord créé un tableau de synthèse récapitulant toutes les caractéristiques des surfaces par blocs (tableau de contingence) qui a été converti dans un modèle de forme binaire (tableau disjonctif complet de présence/absence), permettant de réaliser une sériation automatique (logiciel *Le Sériographe*), ainsi qu'une Analyse en Composantes Multiples (ACM) et une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). Ce travail entamé lors de la phase du rapport a été testé sur toutes les variables sauf la couleur alors que l'analyse présentée ici est plus complète et récente. Elle a été réalisée grâce à Sylvain Badey, avec le logiciel R. Le développement complet de ce travail est disponible en téléchargement sur la plateforme HAL (<https://hal.science/halshs-01436440v1>).

Près de 30 surfaces actives ont été observées sur les galets (Figure 9). Ainsi 4 blocs possèdent 3 surfaces actives, 6 blocs en possèdent 2 et 6 blocs, une seule. Ces surfaces sont de trois formes : plane, convexe (le plus répandu) et concave, et présentent trois aspects différents: lisse (le plus répandu), martelé et esquilleux (Figure 9). Quant aux impacts, ils sont soit couvrant (ils marquent la totalité de la surface active), soit clairsemés, soit localisés sur de petites zones de frappe, soit absents. L'absence d'impact ne signifie pas l'absence d'utilisation. En effet la percussion de tôles ne laisse pas forcément de traces sur la pierre, même si la répétition des chocs fragilise les blocs de granite. Une coloration rougeâtre et rosée, peut-être induite par le travail de forge, marque également certaines surfaces. Des recherches plus poussées (observations microscopiques, prélèvement de résidus, etc.) permettraient de préciser l'origine de ces différentes colorations.

Pour résumer, nous avons quatre variables qui sont la morphologie de la surface, son aspect, le type d'impact et la couleur. Dans un premier temps, l'analyse statistique univariée des variables permet de se rendre compte que les surfaces sont le plus souvent convexes à 60%, et d'aspect lisse à 56,67%. Quant à aux impacts, ils sont clairsemés à 56,67%, et le gris clair est la couleur prédominante.

L'étape suivante consiste à analyser les variables deux à deux afin de mettre en évidence l'existence ou *a contrario* l'absence de relation entre les variables (analyse statistique bivariée) et ce pour chaque couple de variables (morphologie de la surface active/aspect de la surface ; morphologie de la surface/type d'impact ; morphologie de la surface/couleur ; aspect de la surface/ type d'impact ; aspect de la surface/couleur ; type d'impact/couleur), en suivant les mêmes étapes. Pour le développement complet nous conseillons de se reporter au rapport complet de Sylvain Badey évoqué plus haut (Badey 2016). Ainsi les tableaux de distribution des fréquences indiquent déjà que 40% des enclumes ont une surface lisse et convexe. Suivent des tableaux de distributions conditionnelles par ligne et colonnes. On observe par exemple pour le premier couple de variables



Figure 12. Wolmsa, Vue champêtre de la vallée de la Wormsa. Blocs roulés en fond de vallée. © F.-X. Saile, 1901. Coll. Bibliothèque nationale et universitaire de Strasbourg, NIM04988

(morphologie de la surface x aspect de la surface), grâce au tableau des profils-lignes de distribution conditionnelles que si une enclume porte une surface concave il y a 66.7% de chance qu'elle soit lisse. Sur le tableau de profils-colonnes on remarque que si une surface active d'enclume est lisse, il y a 70.6% de chance qu'elle soit convexe.

Analyse bivariée, résultats

L'analyse bivariée des différentes variables qualitatives deux à deux n'a permis de rejeter clairement l'hypothèse d'indépendance seulement pour le couple de variables « aspect_surf x couleur » et dans une moindre mesure pour le couple « surf_morph x aspect_surf ». Seules les relations d'association/opposition entre ces variables peuvent être étudiées sans "risquer" le fait que les résultats soient le fait du hasard.

Ces limites sont probablement dues à l'effectif limité des individus (30 surfaces actives enregistrées sur 16 fragments d'enclumes) et sont inhérentes aux méthodes statistiques. Cependant, ces premières étapes de l'analyse permettent néanmoins d'approcher des relations entre les modalités des différentes caractéristiques enregistrées sur les surfaces actives des enclumes. Celles-ci auraient pu être mises en évidence par des méthodes plus simples de tris, mais l'analyse statistique permet de quantifier ces phénomènes (grâce aux tableaux de fréquences et de distributions conditionnelles), mais aussi de les pondérer (calculs des écarts à l'indépendance du khi-deux et des résidus de Pearson) et enfin de les mettre en évidence graphiquement (à l'aide du diagramme des écarts à l'indépendance et de l'analyse factorielle de correspondance).

Parmi les associations fortes, citons celle des surfaces actives d'enclumes concaves et d'aspect esquilleux ; celle, très forte, entre surface convexe et type d'impact étendu ; celle entre surfaces concaves et une coloration rouge du granite ; et enfin entre la couleur naturelle et les aspects de surface active esquilleux et martelé. Ainsi si une surface active d'enclume est martelée ou esquilleuse, elle a respectivement 75% et 66,7% de chances d'être de couleur naturelle.

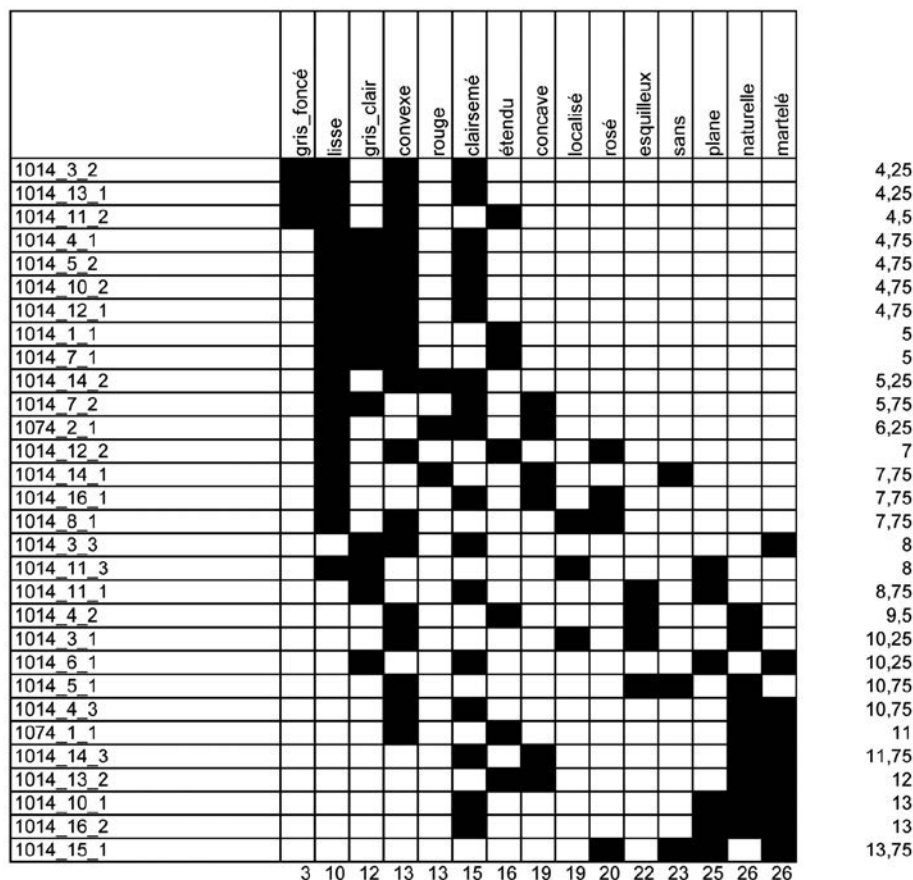


Figure 13. Sériation automatique réalisée sous le logiciel *Le Sériographe*. Les lignes correspondent aux surfaces actives présentes sur les enclumes, les colonnes aux critères retenus (couleurs, type d'impacts, forme, aspect)

Analyse statistique multivariée, résultats

Toutes les variables peuvent être étudiées ensemble à l'aide d'une analyse statistique multivariée qui consiste finalement à chercher des associations/oppositions entre elles, et entre elles et les individus (ACM), puis à chercher des agrégats d'individus ayant des ressemblances (CAH).

La sériation automatique est une première étape qui permet déjà de visualiser des groupes (Figure 13), mais les associations sont plus lisibles sur le graphique issu de l'analyse des correspondances multiples, Figure 14). Dans notre cas, c'est le résultat de la Classification Ascendante Hiérarchique utilisée en complément de l'ACM qui peut nous orienter vers la définition d'une typologie des individus et des variables. Cinq classes (ou cluster) ont été retenues afin de sectionner le dendrogramme proposé par la CAH.

Si on reporte les 5 groupes dans le tableau de contingence de départ, on peut caractériser les 5 groupes de surfaces d'enclumes ainsi (par ordre décroissant du nombre d'individus dans le groupe) :

- Cluster 1 : (10 individus) Les surfaces actives sont toutes d'aspect lisse et de couleur grise (clair ou foncé). En outre elles ont une morphologie convexe (sauf une) et des impacts clairsemés pour la majorité d'entre elles (sauf 3). Ces critères nous conduisent à penser que les pièces lithiques ont été employées dans le cadre d'une phase d'élaboration, peut-être pour l'emboutissage de plaques métalliques.

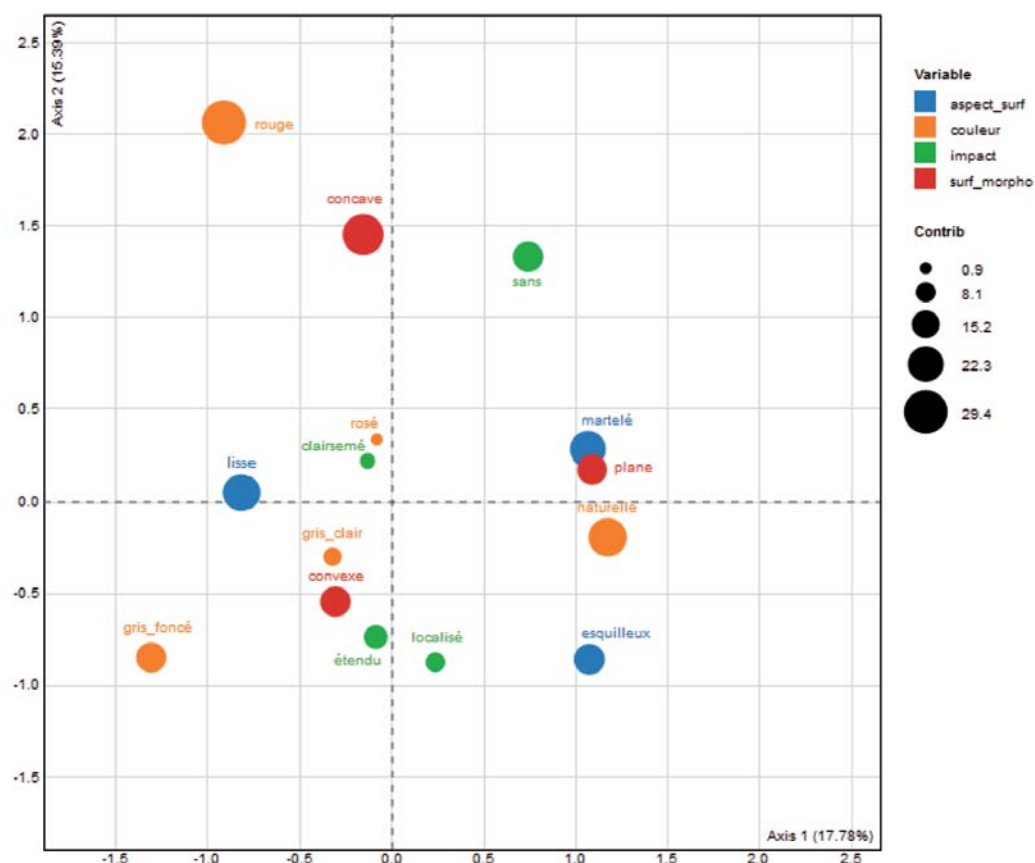


Figure 14. Graphique des variables issues de l'analyse des correspondances multiples. © S. Badey, Inrap

- Cluster 4 : (9 individus) Les surfaces actives sont martelées (sauf une) et présentent des impacts clairsemés (sauf 2). Elles sont soit de couleur naturelle ou gris clair. Par contre elles peuvent présenter une morphologie plane (4) convexe (3), ou concave (2). L'aspect martelé et polymorphe des surfaces actives suggère l'emploi de ces enclumes dans la phase d'épuration. Remarquons également qu'aucune coloration ne teinte la roche.
- Cluster 3 : (5 individus) Les surfaces actives sont lisses (sauf une) et de couleur rosée. Par contre elles sont soit planes (2), concaves (1) ou convexes (2) et peuvent présenter tous les types d'impact.
- Cluster 5 : (3 individus) Les surfaces actives sont convexes, d'aspect esquilleux et de couleur naturelle. Elles comportent des impacts localisés, étendus ou absents.
- Cluster 2 : (3 individus) Les surfaces actives sont lisses et de couleur rouge. De plus elles peuvent être concaves ou convexes et présenter des impacts clairsemés ou absents.

L'observation attentive des critères regroupés dans les clusters 3, 5 et 2 permet de nuancer l'organisation de la phase d'élaboration. Tandis que le cluster 5 enregistre des marques esquilleuses sur un support plutôt convexe de couleur naturelle, indiquant une frappe plus violente, les deux autres clusters présentent des stigmates presque identiques : impacts variés sur un support lisse et polymorphe. Seule la coloration de la surface –rosé et rouge– nous indique une légère nuance de chauffe.

Les outils de frappe : les percuteurs

L'observation des différentes surfaces d'outils en pierre destinés au polissage ou à la mouture permet de signaler des traitements particuliers. Que cela soit pour l'opération d'épannelage, de mise en

Figure 15. Percuteur-boucharde
provenant du fait 1077-03



Figure 16. Percuteur-aiguisoir
provenant du fait 1058. © F. Jodry
(Inrap)



Figure 17. Brunissoir provenant du fait
1085. © F. Jodry (Inrap)



forme ou d'entretien, ces étapes se font à l'aide de percuteurs. Ces outils solides et maniables (masse médiane de 430 grammes), pour la plupart en quartzite ou rhyolite, sont reconnaissables grâce à leurs surfaces actives biseautées à l'aspect esquilleux ou écrasé (Figure 15, 1077-3). Cette première interprétation fonctionnelle, bien que tout à fait admissible, doit être nuancée, car l'utilisation de percuteurs peut s'étendre à d'autres fonctions notamment celles du martelage de surfaces dures entrant dans des opérations de façonnage de pièces métalliques (Hamon, Blanchet 2015).

L'emploi de pièces de percussion réalisées dans des matériaux moins résistants nous engage à examiner la possibilité d'étapes supplémentaires dans ces opérations de modelage. C'est le cas notamment des deux percuteurs en grès fin et en particulier l'exemplaire 1058-1 (Figure 16, 1058-1), entièrement conservé, dont la fonction rappelle celle des « pièces intermédiaires » (Hamon, Blanchet 2015 : 75). Potentiellement emmanché comme l'indique la plage centrale émoussée l'extrémité impactée de cette pièce oblongue est probablement associée au traitement de zones ponctuelles et précises de pièces métalliques comme le planage des tôles (Boutoille 2012; 2015). Ce type d'outil de frappe fait écho aux deux galets oblongs de grès fin, 1065-1 et 1077-2, considérés comme un stock potentiel.

Les outils d'abrasion : polissoir, aiguiseur

Trois polissoirs dont une pièce dormante et un aiguiseur entrent dans la sélection des outils d'abrasion pour la ou les phases de finition (ébarbage, ponçage...). Les matériaux sélectionnés pour ces outils induisent une qualité particulière et probablement une fonction particulière. Cependant la variation de la texture de la roche au sein d'une même famille autorise une étendue fonctionnelle. Ainsi deux roches ont été choisies : le grès fin pour les polissoirs et le quartzite pour l'aiguiseur. Le grès fin offre la possibilité d'une exécution « universelle » puisqu'il permet de travailler de nombreux métaux. Par conséquent cette roche sédimentaire n'est pas une roche caractéristique. Quant au quartzite, plus rarement utilisé, ce dernier semble plus lié au travail des cupro-alliages (Pieters 2013 : 91).

Les autres outils de la sphère artisanale et de la sphère alimentaire : lissoirs, molette

Sept petits galets de quartzite, de gneiss et de grès fin (dont la masse médiane est de 143 grammes) ont été inventoriés dans le lot des outils lithiques. Leurs surfaces actives sont planes ou convexes, d'aspect poli et marqué par quelques impacts et traces noires de frottement. La combinaison des traces et leur disposition associée à la morphologie des pièces nous indiquent une utilisation dans le cadre de la mise en forme de céramiques et le lissage de celles-ci (Leuvrey 1999). Tandis qu'aux petits lissoirs (entre 3 et 5 cm de longueur) est attribué un rôle dans le lissage des cannelures, des lèvres et décors des céramiques, aux grands lissoirs (entre 5 et 9 cm de longueur) est associée une fonction dans le traitement de lissage des panses des grands vases. Cette activité semble évidente cependant d'autres auteurs préfèrent voir dans ces petits ustensiles des brunissoirs pour le métal (Pieters 2013 : 82). C'est le cas notamment de la pièce 1085-2, sans doute la plus représentative, puisqu'il s'agit d'un petit galet noir, dont la surface active lisse est marquée de microstries et de traces cuivrées (Figure 17).

Pour terminer, la sphère alimentaire est représentée par une seule pièce en grès grossier (1063-1). Il s'agit d'un fragment de molette au dos bombé et aux bords mis en forme par martelage. Sa surface active est lisse et polie.

Conclusion

Pour conclure, nous pouvons souligner que d'ores et déjà, le site de Weyersheim (Bas-Rhin) constitue un site de référence étant donné la quantité de scories mise au jour (environ 130 kg) et par la présence commune d'un atelier d'élaboration et de traces du travail d'épuration comme

sur le site d'Écuellles *Charmois* (Seine-et-Marne) par exemple (Filippini 2015). La question d'un ou plusieurs ateliers reste pour le moment en suspens. Une prospection géophysique en dehors des limites de l'emprise permettrait d'en avoir la certitude. Soulignons l'absence d'outils actifs du forgeron comme (marteau, tenaille, lime...).

Cet article avait surtout pour vocation de présenter nos réflexions sur les outils lithiques et en particulier les enclumes, dont les surfaces actives ont bénéficié d'une approche statistique. Le granite employé a clairement été privilégié pour ses qualités de dureté et de cohésion. Il s'agit de supports de frappe spécialisés, mais aussi plurifonctionnels (parfois trois surfaces actives sur une même enclume). Les groupes identifiés pourraient correspondre à différentes phases de la chaîne opératoire proches de celles identifiées à partir de l'analyse des culots découverts, à savoir l'épuration de masse brute, le travail à froid et à chaud pour l'élaboration d'objets ou de tôle avec différents types de chauffe probablement.

En Alsace quelques sites ont livré des déchets liés à la métallurgie du fer (Figure 1, carte), mais de manière limitée, comparés à Weyersheim où les données sont abondantes. Ces dernières renouvellent par conséquent notre vision de l'artisanat hallstattien.

Bibliographie

- BADEY, S. (2016) – *Analyse statistique des surfaces actives d'enclumes de Weyersheim. Rapport de recherche.* Metz : Inrap Ges
- BAUVAIS, S. (2008) – Du prestige à la proto-industrie : évolution des pratiques sidérurgiques au second-âge du Fer dans le Nord du Bassin Parisien. *The Arkeotek Journal*, vol. 2, 4 ; www.thearkeotekjournal.org
- BOCQUILLON, H.; SAUREL, M.; DUNIKOWSKI, C.; YVINEC, J.-H. (2009) – Habitats et zones d'activités à Vrigny (Marne) à la fin du premier âge du Fer. In *Le bassin de la Vesle du Bronze final au Moyen Âge*. Reims : Société archéologique champenoise, pp. 82-152 (Bulletin de la société archéologique champenoise, 102)
- BOUTOILLE, L. (2012) – L'outillage lithique utilisé dans le cadre de la déformation plastique des métaux. Premier aperçu des découvertes françaises. *Bulletin de l'APRAB*, pp. 95-98
- BOUTOILLE, L. (2015) – Les techniques du dinandier de l'âge du Bronze : l'outillage en pierre spécifique à la déformation plastique des métaux. In BOULUD-GAZO, S. ; NICOLAS, T. (eds.) – *Artisanats et productions de l'âge du Bronze*. Paris : Société Préhistorique française, pp. 83-96 (Séance de la Société Préhistorique Française, 4)
- DABEK, P. (2013) – *Weyersheim (Bas-Rhin), Rue de la Gare, lotissement « les Hauts de la Zorn », Indices de l'âge du Bronze et occupation du Hallstatt final/La Tène ancienne. Rapport de diagnostic.* Metz : Inrap Ges
- DUBREUCQ, E. (2007) – *Les mobiliers métalliques découverts sur les habitats du Ha à LTA: approches qualitative et quantitative proposées pour quelques sites de l'Allemagne du Sud-Ouest à la France centrale.* Thèse de doctorat. Dijon : Université de Bourgogne
- FILIPPINI, A. (2015) – *La métallurgie du fer dans le centre-est de la France au Ve siècle avant J.-C. Approches historique, archéologique et archéométrique.* Tours, Bourges: Feracé, Édition de Bourges plus, Service d'archéologie préventive
- FRONTEAU, G.; BOYER, F. (2011) – Roches meulières : de la classification pétrographique à la classification texturale d'un potentiel « mécanique ». In BUCHSENSCHUTZ, O.; JACCOTTEY, L.; JODRY, FL.; BLANCHARD, J.-L. (eds.) – *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille sur le territoire français*. Bordeaux : Aquitania, pp. 111-120
- HAMON, C.; BLANCHET S. (2015) – Le macro-outillage lithique sur les sites de l'âge du Bronze armoricain : quelques hypothèses fonctionnelles pour aborder la notion d'artisanat. In BOULUD-GAZO, S. ; NICOLAS, T. (eds.) – *Artisanats et productions de l'âge du Bronze*. Paris : Société Préhistorique française, pp. 63-82 (Séance de la Société Préhistorique Française, 4)
- JODRY, FL. (2015) – Étude des enclumes de Neuville-sur-Sarthe-La Chataigneraie, in LANGLOIS J.-Y. – *Le bassin sidérurgique du nord du Mans de l'âge du Fer au Moyen Âge. Rapport de fouille.* Cesson-Sevigne : Inrap Grand-Ouest

- LANDOLT, M.; VAN ES, M.; PUTELAT, O.; BOUQUIN, D.; SCHAAL, C.; BOËS, E. (2008) – *Entzheim-Geispolsheim (67) : Aéroparc (Lidl-CUS), les occupations protohistoriques. Rapport de fouille*. Sélestat: PAIR
- LEUVREY, J.-M. (1999) – *Hauterive-Champréveyres. 12, L'industrie lithique du Bronze final, étude typotechnologique*. Neuchâtel : Musée cantonal d'archéologie, (Archéologie neuchâteloise 24)
- MENEZ, Y.; VIVER, J.-B.; CHANSON, K.; DUPRE, M. (2007) – La forge de Paule (Côtes-d'Armor). In MILCENT, P.-Y. (éd.) – *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal*. Pessac : Fédération Aquitania, pp. 213-237
- MICHLER, M. (2017) – *Ensilage et artisanat du fer au Hallstatt D3/La Tène ancienne à Weyersheim. Rapport de fouille*. Metz : Inrap Ges
- MICHLER, M.; BADEY S.; BERRANGER M.; CABBOÏ, L.; CLERC, P.; JODRY, F. ; PUTELAT, O. ; VAN ES, M. (2018) – Ensilage et artisanat du fer entre le Hallstatt D3 et La Tène ancienne à Weyersheim (Bas-Rhin). Premiers résultats. *Archimède Varia*, 5, p. 202-229, <https://hal.science/halshs-01826474v1>
- PIETERS, M. (2013) – Les outils comme traceurs des activités de transformation des métaux ? Supports de frappe, abrasifs et brunissoirs, outils d'aiguisage et outils de broyage. Thèse de doctorat. Dijon: Université de Bourgogne

Embossed Ornaments on Gold Objects of the Early Iron Age in South-West Germany – Tools and Experimental Work

Birgit Schorer¹

Abstract

This paper deals with the tools and techniques used to decorate gold sheet metal objects during the Early Iron Age to the northwest of the Alps. One of the most outstanding characteristics of the Early Celtic gold objects is the embossed ornamentation, especially on torcs, bracelets and pinheads. Our study reveals that embossed objects were probably produced individually with separately made tools such as punches with engraved motifs. Suitable metal tools are missing from Early Iron Age sites in Central Europe, but there are rare tools made of antlers that could have been used as punches. Results of current investigations within a recent ANR-DFG research project concerning early Iron Age gold objects will be presented in our paper that focuses on the technological aspects of the embossed objects using an experimental approach to the punches made of bone and antler.

Keywords

GOLD OBJECTS, EARLY IRON AGE, EMBOSSED ORNAMENTATION, EMBOSsing TECHNIQUES, TOOLS.

Résumé

L'article porte sur les outils et techniques utilisés pour décorer les objets métalliques constitués de fines plaques d'or du premier âge du Fer au nord-ouest des Alpes. Les ornements poinçonnés, notamment sur torques, bracelets et têtes d'épingles, sont l'une des caractéristiques les plus remarquables du mobilier en or hallstattien. L'étude de ces ornements a pu montrer une production individuelle, intégrant notamment un outillage adapté à chaque objet poinçonné. Les décors devaient être produits par des poinçons aux motifs gravés. De tels objets sont absents du mobilier métallique des sites du premier âge du Fer en Europe central. Cependant, des outils en bois de cervidés ont pu servir de poinçons. Cet article présentera les derniers résultats obtenus dans le cadre d'un récent projet de recherche ANR-DFG sur le mobilier en or au premier âge du Fer. Il se focalise plus particulièrement sur une étude technologique et expérimentale des objets poinçonnés et des outils associés en os et en bois de cervidés.

Mots clés

OBJETS EN OR, PREMIER ÂGE DU FER, MOTIFS POINÇONNÉS, TECHNIQUES DE POINÇONNAGE, OUTILS.

Object of investigation

Current investigations within the recent ANR-DFG research project “Rethinking earliest Celtic gold – Economic, social and technological perspectives in the West Hallstatt Culture” have focused on stylistic, technological, and material studies of gold finds from the Late Hallstatt period in an area north-west of the Alps. The objects mostly come from grave contexts, particularly from wealthy equipped graves of the late 7th to the beginning of the 5th century BC. The gold objects of this period have been previously listed (see Hansen 2010 with older literature), but within the current research project, they have been studied from a new perspective, regarding technological and material views. The following paper provides some insight into the embossed objects from the stylistic study of the motifs to the technological investigation of how they were produced.

Most of the gold finds from the Late Hallstatt period are prestigious personal adornments from funerary contexts. These objects were predominantly manufactured from sheet metal. The large neckrings (torcs) as well as the different ribbed bracelets, all shaped from sheet metal cylinders, are the most prominent objects during this period (Figure 1). After shaping, they were often decorated

¹ Landesmuseum Württemberg Stuttgart



Figure 1. Cylindrical torcs (a) and bracelets (b) from different graves in South-West Germany decorated with embossed ornamentation (photos H. Zwietasch, B. Schorer).



Figure 2. Crosses and double-triangles on pottery and metal objects: a-b – ceramic vessel probably from Tannheim, dated to Ha C; c-d – gold pinhead from Ditzingen-Schöckingen, dated to Ha D2; e-f – gold torc from Stuttgart-Bad Cannstatt, grave 2, dated to Ha D2 (photos: B. Schorer).

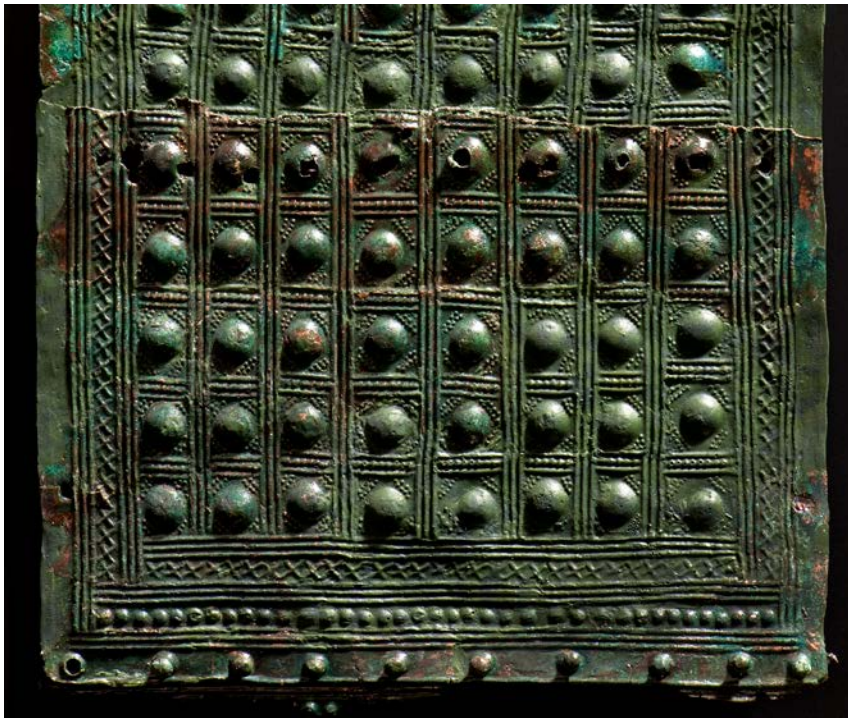


Figure 3. Bronze belt plate from Ravensburg-Berg, Ha D2, with embossed knobs and crosses, produced with punches and negatively engraved ornamentation (photo H. Zwietasch).

with circumferential embossed motifs, with simple knobs or grooves as well as with geometric patterns. Figural representations are however rare.

Embossed ornamentation

The embossed ornamentation is one of the most outstanding characteristics of gold objects during the Early Iron Age. There is a wide range of decorative motifs especially on torcs, bracelets, and pinheads made of sheet metal (Figure 1; 2). Motifs like crosses, double triangles, or ring-shaped were widely used. These decorations also appear on bronze objects, especially belt plates that were largely covered with embossed patterns (Figure 3).

Other motifs such as star-shaped cones or wavy patterns sometimes occur on gold objects, for example on a torc from Stuttgart-Bad Cannstatt (see Hansen 2010: 243; Zürn 1987: 189 with fig. 78; plate 398.1). The wavy pattern is quite usual in the decoration of bronze belt plates (see e.g. Maier 1958: plate 58; 61; Kilian-Dirlmeier 1972: plate 33.364). It is thought to have been developed from the zigzag found on Late Bronze Age Urnfield culture pottery and on the Alb-Hegau-Keramik of the Early Hallstatt Culture (Maier 1958: 163; see e.g. Grimmer-Dehn 1991: plate 15.3; Zürn 1987: plate 437.4).

More unusual ornamentation is the S-shaped figure observed for example on some of the objects from the princely grave of Eberdingen-Hochdorf (Biel 1985: 57 plate 9) and the swastika depicted on a bracelet from Stuttgart-Bad Cannstatt (Hansen 2010: 243; Zürn 1987: 189 with plate 400.A2). The S-hooks and the swastika are new elements thought to be influenced by Villanovan and Este Culture pottery from Northern Italy (Maier 1958: 164). The swastika was also used to decorate textiles, for example from the grave of Eberdingen-Hochdorf (Müller 2009: 71 with Fig. 64) as well as bronze belt plates, for example from Herbertingen-Hundersingen (Maier 1958: plate 71.4; Müller 2009: 71 with Fig. 63).

The meander is rarer in the repertoire of geometric patterns, an example is found on one of the torcs from Herbertingen-Hundersingen (Hansen 2010: 237–238; Kurz, Schiek 2002: 98–100 with plate 10.115) and on a torc from Payerne in Switzerland (Furger, Müller 1991: 113 Kat. 24 with color plates XIV and XV). During the Late Hallstatt period the meander is more widely used and found on different metal objects such as belt plates, for example from Ehingen in South-West Germany (see Maier 1958: plate 46.1), but also on vessels such as a bowl from Meßstetten-Hossingen (Zürn 1987: plate 493.2) or a cist from Kleinklein in Austria (Prüssing 1991: plate 116). These two objects are typical of East Hallstatt contexts. In contrast to the gold torcs, the ornamentation on bronze objects is not embossed with a pattern punch but is either embossed with single dots as on the Kleinklein vessel or engraved as on the belt plate from Ehingen and the bowl from Hossingen. The pattern could be an influence of imported Greek vessels, as they also occur at the Heuneburg settlement (Böhr, Shefton 2000: plate 1.1). However, the motif is not new, as it appears on Ha B and Ha C pottery (Keller 1939: plate 16; Grimmer-Dehn 1991: plate 15.1) that could indicate its local development (see already Maier 1958: 162–163).

In contrast to geometric motifs, figural ornamentation is very rarely used. One exception is the figure of a horse on the torc from Eberdingen-Hochdorf (see Biel 1985: 56 plate 8), interpreted as a horse with a rider or as Pegasus, a horse with wings. Similar figures appear on bronze belt plates, like those from Aichstetten in South-West Germany (Maier 1958: plate 58) or from Hallstatt in Austria (Kilian-Dirlmeier 1969: plate 29.2). In general, figurative elements are seldom found within the West Hallstatt culture and they are supposed to have been influenced by cultures of the South-eastern Alps. This is different to the geometric motifs that in most instances might have developed from older local elements (Müller 2009: 67–77; Hoppe, Schorer 2012).

One of the most interesting results of the newly undertaken studies relates to the often-discussed strainer spoon from the Heuneburg settlement (Sievers 1984: 49–50; Hansen 2010: 262; Gersbach, Böhm 2013: 153–156). In contrast to a recently published opinion that this exceptional piece is not datable (Gersbach, Böhm 2013: 156), there are some indications for dating it to the Late Hallstatt period as S. Sievers (1984: 50) has already proposed. The embossed ornamentation on the spoon does indeed fit into the Early Celtic pattern repertoire. The notched ring-ornament on the spoon's bowl (Figure 4.a) and the double-triangle pattern at the recurved end of the spoon handle (Figure 4.b) are found on other gold objects of this period. The notched ring ornament also occurs on the chape of the dagger from Eberdingen-Hochdorf (Figure 4.c; Biel 1985: 86 with plate 22) and on recently found small rings from Ilmendorf in Southern Bavaria (Claßen 2012). The double triangle motif embellishes one of the torcs from Stuttgart-Bad Cannstatt (Figure 4.d; see also Figure 2.e.f; Zürn 1987: 189 with Plate 400.A1). It, therefore, seems possible to date the strainer spoon to the Late Hallstatt period according to its embossed ornamentation.

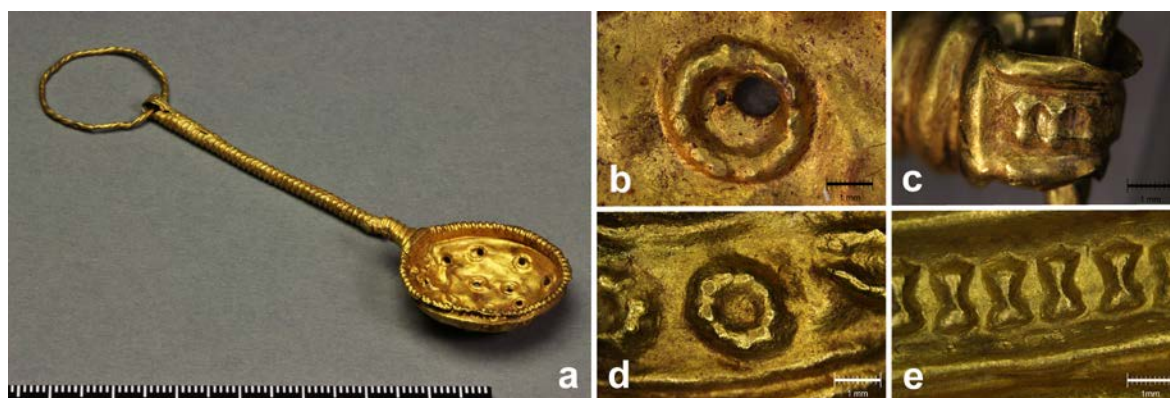


Figure 4. Different notched ring and double triangle ornaments, Ha D2; a–c – on the strainer spoon from the Heuneburg settlement near Herbertingen-Hundersingen; d – on the chape of the dagger from Eberdingen-Hochdorf; e – on the torc from Stuttgart-Bad Cannstatt (photos: B. Schorer).

Tools

Further investigation of embossed objects relates to their technological aspects. The geometric ornamentation on bronze and gold objects is comparable to patterns that adorn older pottery objects (Figure 2.a), but different stamps or punches must have been used to decorate pottery and metal objects. The pottery motifs are mainly impressed; the patterns on bronze and gold objects are raised. Therefore, the stamps used for decorating pottery must have had positively worked motifs, whereas the punches used for decorating metal objects must have predominantly had working faces with negatively impressed patterns.

The procedure for embossing metal objects involves a striking tool and a punch that must be pressed into the sheet metal base by chasing (Figure 5; Armbruster 2003; Schorer 2010: 78–82). The method is a non-cutting shaping technique. The material is pushed aside, leaving small bulges on the edge of the impressed pattern and the impressed edges from the working face of the used punch.

Although embossing seems to be one of the most important techniques, no metal punches dating to the Hallstatt period have been found to date. This contrasts with the documented Bronze Age and Late Iron Age metal punches (Armbruster 2003: 605 with Fig. 102; Armbruster 2012: 69–71; 73–74; Nessel 2009). However, tools made from organic materials must also be considered. There are a few tools from the Early Iron Age that are usually interpreted as stamps used to decorate pottery, but they could also have been used for embossing metal objects. One antler stamp from Bourges in Central France (Augier 2012: 119 with fig. 2) and two antler stamps from the Heuneburg with negatively engraved patterns (Figure 6; Sievers 1984: 51 with plate 120.1567.1568) have also been found. S. Sievers (1984: 51) has pointed out that the eye pattern tool from the Heuneburg might also have been used for decorating thin bronze sheets.

The antler tool with the circle eye pattern shows some interesting manufacturing marks. The front part of the antler tip was tapered. The faceted marks of a carving knife are clearly visible. At the back, the spongiosa was probably removed (Figure 6.b) to clamp the antler tip into a lathe in order to screw the eye pattern into the working face of the tool. Visible rotation grooves within the

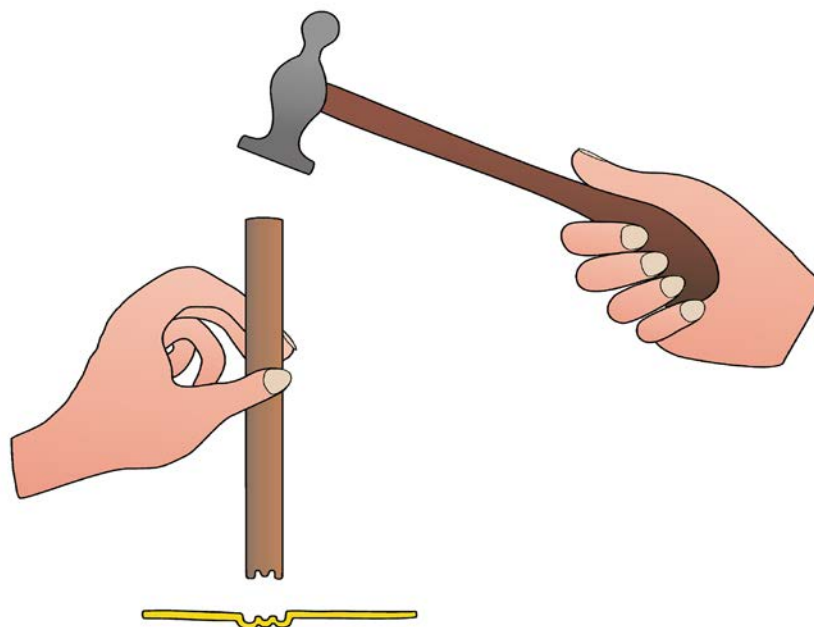


Figure 5. Procedure for embossing with punches with negatively worked ornaments.



Figure 6. a-b – Two antler stamps from the Heuneburg settlement that could have been used as punches in metalworking; c – Similar embossed ornaments appear on sheet-metal applications from the wealthy equipped grave of Asperg “Grafenbühl”, shown next to the stamp from the Heuneburg with eye motif (photos B. Schorer).

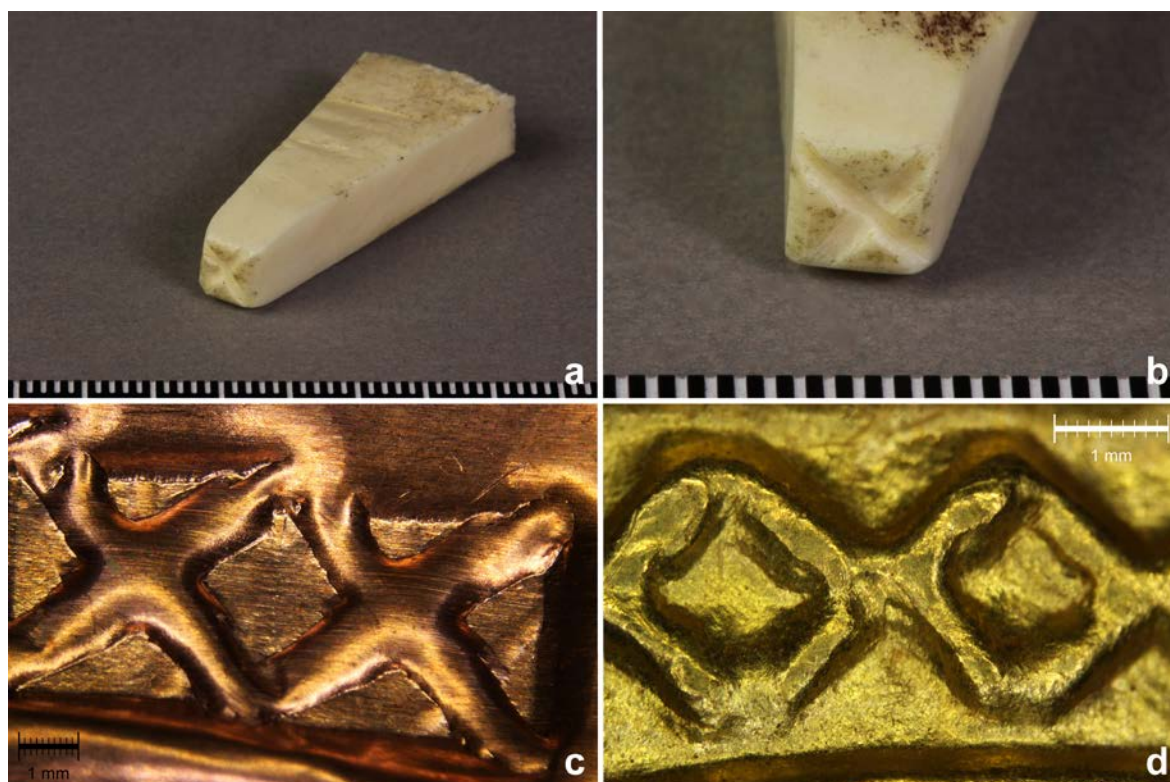


Figure 7. a-b – Experimental punch made from cattle bone; c – imprints on copper sheet (material thickness 0.15 mm); d – compared to similar imprints on a gold pinhead (material thickness c. 0.1-0.15 mm) from Ditzingen-Schöckingen, dated to Ha D2 (photos: B. Schorer).

engraved circle eye could be evidence of this kind of manufacturing process. Experimental studies show that the pattern would have been engraved with a rotating tool with three teeth (Figure 8.b). This can be operated manually without a turning lathe or with a pump drill whose existence has been documented since at least medieval times (Schorer 2010: 50). All these working methods would have left rotation marks.

Experimental work and archaeological evidence

We carried out experiments with punches made of bone and antlers during the project. They showed that similar tools made of organic materials could have indeed been used for metalworking. Different punches of bone and antler were produced, and the ornamentation was engraved into the working faces of the tools with different modern iron tools. These punches made of organic materials were then used to emboss copper sheets with a material thickness similar to the original objects, 0.08-0.15 mm on average. The resulting motifs are indeed comparable to those on the original objects (Figure 7; 8). In some cases, the outlines of the punch are visible; in other cases,

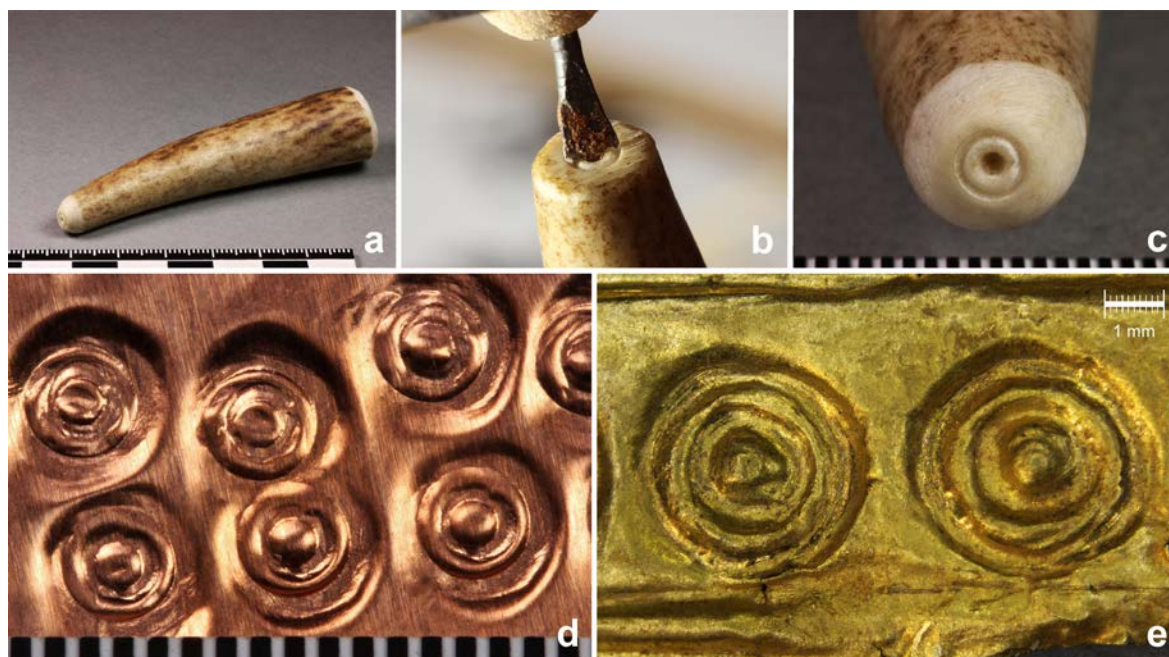


Figure 8. a-c – Experimental punch made from antler; d – imprints on copper sheet; e – compared to similar imprints on a gold sheet (material thickness 0.08 mm) from Asperg “Grafenbühl”, dated to Ha D3 (photos: B. Schorer).

they are nearly not apparent, depending on the power of impact and the angle between the punch and the embossed face as well as the way of moving the punch during the embossing process. Overlapping of the ornamentation is characteristic and the outline of the pattern is evident. Different bases were used for the experiments, for example, hard and soft leather, modern moulding cement, and different wood bases. Best results could be achieved with soft leather and softwood. A modern chasing hammer and an antler mallet were used as striking tools. Both worked equally well for embossing copper sheets. The experiments showed that embossing with bone and antler tools is also possible with bronze alloys, although copper is easier to handle. More than 300 impressions into copper metal sheets were possible with one bone punch, without any visible abrasion of the engraved pattern. The material properties of copper are comparable to those of the natural gold-silver-copper alloys used in the manufacture of cylindrical torcs and bracelets with silver concentrations between c. 5 and 25 % and copper concentrations usually not exceeding 1 %. Therefore, bone tools could have been used to produce the embossed pattern of a gold torc with its 100 to over 300 circular motifs.

Up to now, the technique of embossing from the outside was little used in the production of West Hallstatt gold objects (Hansen 2010: 92). A close examination of the tool marks has provided further insight into the embossing procedure of the gold objects from the Late Hallstatt period. Overlapping parts of the pattern, steps from slipping aside and the impressed outlines of the edges of the tool are all characteristics of punches with negatively engraved motifs used for embossing onto the outside (front side or upper side). Again, these features became evident by comparing experimentally produced imprints with the embossed objects of the Late Hallstatt period (Figure 9).

We can assume that hollow objects such as the so-called *Zweischalennadeln* from Ditzingen-Schöckingen (see Figure 2.c) might also have been embossed from the outside. The recently published experiments by F. Trommer show how similar bronze examples were most probably manufactured (Trommer *et al.* 2012). The two halves of the bowl-shaped pinhead were formed by hammering a sheet metal with a punch with a ball-shaped working face into a cylindrical hole in



Figure 9. a – Experimentally produced imprints on copper sheet, with visible steps from slipping aside with the punch, overlapping parts of the X-pattern and recognizable imprints of the edges of the punch; these characteristics appear on some of the investigated gold finds, examples are b – the ring ornaments on the bracelet from Eberdingen-Hochdorf and c – the wave-like ornaments on the torc from Stuttgart- Bad Cannstatt (photos: B. Schorer).



Figure 10. Experiments for embossing bowl-shaped objects; a-b – modern ball-shaped punch as an anvil for the embossing procedure; c – embossed ornamentation on the experimentally produced bowl-shaped object, with overlapping parts, visible outlines of the punch and crinkles of the material displacement.

a wooden block. The overlaying parts were cut off afterwards. The two bowls were fixed together over a wooden core and dipped into a molten resin-wax mixture for adherence.

The gold objects may also be shaped in this way but were more elaborate with their all-over embossed ornamentation. Further experiments relating to the embossing techniques used to decorate the objects show that patterns were worked from the outside with a bone punch (Figure 7.a). During the manufacturing process, the two bowls were fixed onto a wooden punch with a ball-formed head (Figure 10.a.b). The embossed crosses that were produced in this way show a similar appearance compared to the crosses on the original finds from Schöckingen (Figure 10.c; compared to Figure 2.d).

The embossed pattern appears comparable to the original objects with the motifs' sharp outlines, steps, and some impressed outlines of the punch on the outside and with convex outlines of the punch, but rounded edges of the motifs on the inside. Even crinkles appear in the experiment as well as on the original objects (Figure 10, compared to Figure 2.c-d).

Finally, embossing double-lying sheets seems possible for some of the objects, especially for the shoe fittings from the princely grave of Eberdingen-Hochdorf with identical occurring failures (Krause 1996: 70; Hansen 2010: 44). These fittings show a rationalized operation process. As seen by the experiments that we carried out, the embossing of double-lying sheets is possible, even with bone and antler tools. Another example of such a working process is the disc-shaped applications on two brooches from the princely grave from Asperg "Grafenbühl" that were obviously stamped lying upon one another as evidenced by the identical dimensions of the motifs (Figure 11).

Apart from these rationalized decorated objects and excepting objects from the same site context, there is no indication that the same punches were repeatedly used to produce different objects. It seems that embossed objects were produced individually, as comparable ornaments in some cases from the same site were worked with different embossing tools. This indicates the existence of



Figure 11. Two brooches from Asperg “Grafenbühl” with identically decorated discs (photos: B. Schorer).

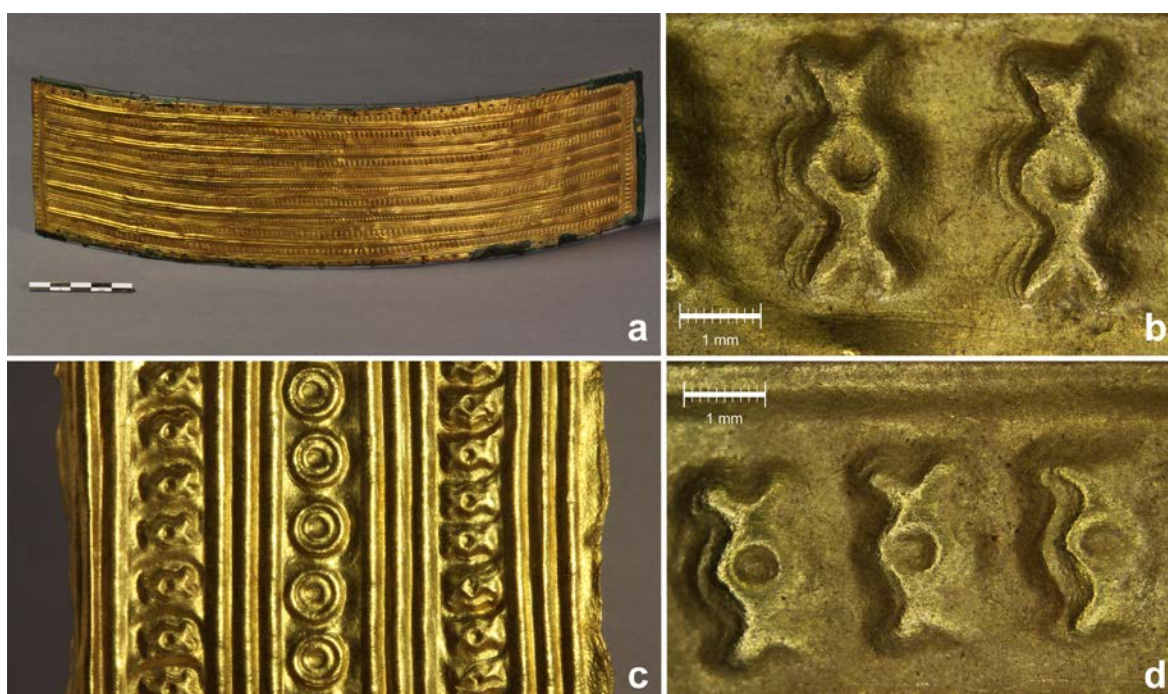


Figure 12. Examples for similar ornaments embossed with different tools; a-b – the double-X ornaments on the sheet belt cover; c-d – the drinking horns from Eberdingen-Hochdorf. They were made with different tools although using the same motif (photos: B. Schorer).

bone and antler tools that would have gradually worn down before being replaced by new tools with the same motif (Figure 12).

Conclusions

The embossed decoration is one of the main characteristics of the Late Hallstatt gold objects made of sheet metal. Stylistic studies have shown that the gold objects were each decorated individually. Apart from objects from the same site context there are no indications for identical punches, so we can assume that all these embossed objects have been produced separately.

Experimental work involving the embossing technique demonstrate the probable use of tools made of organic materials with negatively engraved motifs leaving similar tool marks as on the investigated gold objects from the Hallstatt period. Punches made of bone and antler are easy to produce and they are quite suitable for embossing sheet metal objects made of bronze, copper, and gold. Most of the Early Celtic gold objects show indications of embossing from the outside into the already completely shaped object.

Acknowledgements

Many thanks are due to the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) and the Agence Nationale de la Recherche (ANR) for funding this research, as well as to the project directors PD Dr. Barbara Armbruster (Université de Toulouse II Le Mirail) and Prof. Dr. Ernst Pernicka (Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie, Mannheim) for enabling the project. I would like to thank Thomas Hoppe M.A. (Landesmuseum Württemberg, Stuttgart) for providing the objects for the research studies. Sincere thanks to the colleagues of the restoration department of the Landesmuseum in Stuttgart, especially Dipl.-Rest. Wibke Bornkessel, Dipl.-Rest. Andrea Funck M.A., Dipl.-Rest. Moritz Paysan, Martin Raithelhuber, Dipl.-Rest. Eva Schreiber, Dipl.-Rest. Astrid Wollmann and Dipl.-Rest. Verena Wollnik, for their kind support during the investigations and numerous discussions. Furthermore, I'd like to thank my colleagues Dr. Angela Mötsch (State Office for Cultural Heritage Management Baden-Wuerttemberg, Esslingen) and Dr. Maxime Rageot (Eberhard Karls University Tübingen), who supported me with the French translation.

Bibliography

- ARMBRUSTER, B. R. (2003) – Punze. In *Reallexikon der Germanischen Altertumskunde* II, 23. Berlin, New York: De Gruyter, pp. 602-607
- ARMBRUSTER, B. R. (2012) – Feinschmiedewerkzeuge vom Beginn der Metallurgie bis in die Römische Kaiserzeit. In PESCH, A.; BLANKENFELDT, R. (eds.) – *Goldsmith Mysteries. Archaeological, pictorial and documentary evidence from the 1st millennium AD in northern Europe*. Neumünster: Wachholtz, pp. 59-85 (Schriften des Archäologischen Landesmuseums Ergänzungsreihe Band 8)
- AUGIER, L. (2012) – Versuche zur Keramiktechnologie am Ende des 6. und 5. Jahrhunderts v. Chr. in Bourges (Cher, France): Scheibengedrehte Keramik und Stempelverzierung. In KERN, A.; KOCH, J. K.; BALZER, I.; FRIES-KNOBLACH, J.; KOWARIK, K.; LATER, C.; RAMSL, P. C.; TREBSCH, P.; WIETHOLD, J. (eds.) – *Technologieentwicklung und -transfer in der Eisenzeit. Internationale Tagung Hallstatt 2009*. Langenweissbach: Beier & Beran, pp. 117-120 (Beiträge zur Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas 65)
- BIEL, J. (1985) – *Der Keltenfürst von Hochdorf*. Stuttgart: Konrad Theiss
- BÖHR, E.; SHEFTON, B.B. (2000) – Die griechische Keramik der Heuneburg. In KIMMIG, W. – *Importe und mediterrane Einflüsse auf der Heuneburg*. Mainz: Philipp von Zabern, pp. 1-41 (Römisch-Germanische Forschungen 59)
- CLASSEN, E. (2012) – Die Dame von Ilmendorf - ein Prunkgrab aus Südbayern. In ROBER, R. (eds.) – *Die Welt der Kelten. Zentren der Macht - Kostbarkeiten der Kunst*. Ostfildern: Jan Thorbecke, pp. 200-201 [Exhibition catalogue]
- FURGER, A.; MÜLLER, F. (1991) – *Gold der Helvetier - Keltische Kostbarkeiten aus der Schweiz*. Zürich: Schweizerisches Landesmuseum [Exhibition catalogue]
- GERSBACH, E.; BÖHM, J. (2013) – *Die Heuneburg an der oberen Donau im Mittelalter*. Stuttgart: Konrad Theiss (Forschungen und Berichte der Archäologie des Mittelalters in BW, 34)
- GRIMMER-DEHN, B. (1991) – *Die Urnenfelderkultur im südöstlichen Oberrheingraben*. Stuttgart: Konrad Theiss (Materialhefte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 15)
- HANSEN, L. (2010) – Hochdorf VIII. *Die Goldfunde und Trachtbeigaben des späthallstattzeitlichen Fürstengrabes von Eberdingen-Hochdorf (Kr. Ludwigsburg)*. Stuttgart: Konrad Theiss (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 118)
- HOPPE, TH.; SCHORER, B. (2012) – Geometrisches Ornament - Die Kunst der Hallstattzeit. In ROBER, R. (eds.) – *Die Welt der Kelten. Zentren der Macht - Kostbarkeiten der Kunst*. Ostfildern: Jan Thorbecke, pp. 209-221 [Exhibition catalogue]
- KELLER, J. (1939) – *Die Alb-Hegau-Keramik der älteren Eisenzeit*. Reutlingen: Gryphius (Tübinger Forschungen zur Archäologie und Kunstgeschichte 18)
- KILIAN-DIRLMEIER, I. (1969) – Studien zur Ornamentik auf Bronzeblechgürteln und Gürtelblechen der Hallstattzeit aus Hallstatt und Bayern. *Bericht der Römisch-Germanischen Kommission* 50, pp. 97-189
- KILIAN-DIRLMEIER, I. (1972) – *Die hallstattzeitlichen Gürtelbleche und Blechgürtel Mitteleuropas*. München: C.H. Beck (Prähistorische Bronzefunde 12,1)

- KRAUSSE, K. (1996) – *Hochdorf III. Das Trink- und Speiseservice aus dem späthallstattzeitlichen Fürstengrab von Eberdingen-Hochdorf (Kr. Ludwigsburg)*. Stuttgart: Konrad Theiss (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 64)
- KURZ, S.; SCHIEK, S. (2002) – *Bestattungsplätze im Umfeld der Heuneburg*. Stuttgart: Konrad Theiss (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 87)
- MAIER, F. (1958) – Zur Herstellungstechnik und Zierweise der späthallstattzeitlichen Gürtelbleche Südwestdeutschlands. *Bericht der Römisch-Germanischen Kommission* 39, pp. 131–249
- MÜLLER, F. (2009) – *Kunst der Kelten: 700 v. Chr. - 700 n. Chr.* Bern-Stuttgart : Belser AG [Exhibition catalogue]
- NESSEL, B. (2009) – Bronzenes Spezialgerät. Ein Metallhandwerkerdepot im Berliner Museum für Vor- und Frühgeschichte. *Acta Praehistorica et Archaeologica* 41, pp. 37–65
- PRÜSSING, G. (1991) – *Die Bronzegefäße in Österreich*. Stuttgart: F. Steiner (Prähistorische Bronzefunde 2,5)
- SCHORER, B. (2010) – *Studien zur Herstellung von latènezeitlichem und provinzialrömischem Silberschmuck in Mitteleuropa*. PhD thesis University of Freiburg i. Br., [on-line]. <http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/7599>
- SIEVERS, S. (1984) – *Die Kleinfunde der Heuneburg. Die Funde aus den Grabungen von 1950-1979*. Mainz: Philipp von Zabern (Heuneburgstudien V. Römisch-Germanische Forschungen 42)
- TROMMER, F.; GEIGER, P.; HOLDERMANN, A.; HAGMANN, S. (2012) – Zweischalennadeln - Versuche zur Herstellung getriebener Bronzeblechformen in der späten Hallstattzeit. *Experimentelle Archäologie in Europa Bilanz 2012*, pp. 124–135
- ZÜRN, H. (1987) – *Hallstattzeitliche Grabfunde in Württemberg und Hohenzollern*. Stuttgart: Konrad Theiss (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 25)

Artisans du métal et pratiques rituelles non funéraires à l'époque laténienne : le cas de la Gaule du V^e av. J.-C. à la conquête romaine

Thibault Le Cozanet¹, Gérard Bataille²

Abstract

Drawing on the results of previous work on sanctuaries (Bataille 2009) and using the databases produced as part of the ANR DEPOMETAL project directed by P. Brun and a recent thesis, we will be looking at the representativeness of metalworking remains (tools and semi-finished products) within the sphere of Iron Age ritual practices. During this period, such artefacts remain rare within the context of ritual practices, but they follow their own dynamics throughout the Iron Age and can be considered as strong markers of identity for societies undergoing profound upheaval.

Keywords

IRON AGE, HOARDS, METALWORKERS, TOOLS, IRON HALF-PRODUCTS.

Résumé

À partir des résultats issus de travaux antérieurs sur les sanctuaires (Bataille 2009) et en nous appuyant sur les bases de données réalisées dans le cadre du programme ANR DEPOMETAL dirigé par P. Brun et d'un travail de thèse, nous nous attacherons à faire le point sur la représentativité des vestiges de métallurgie (outils et demi-produits) au sein des pratiques rituelles de l'âge du Fer. Effectivement durant cette période, ces artefacts sont minoritaires dans les pratiques rituelles, néanmoins ils suivent des dynamiques qui leur sont propres tout au long de la période considérée et jouent parfois le rôle de marqueurs identitaires forts pour des sociétés profondément bouleversées.

Mots clés

ÂGES DU FER, DÉPÔTS, ARTISANS DU MÉTAL, OUTILS, DEMI-PRODUITS EN FER.

Introduction

Depuis les premières découvertes d'outils des âges du Fer interprétés comme éléments déposés volontairement, attribuées en France à l'abbé Philippe lors des fouilles du Fort-Harrouard à Sorel-Moussel (Eure-et-Loir) durant la première moitié du XX^e siècle (Philippe 1936), les analyses synthétiques concentrées sur l'outillage et les vestiges spécifiques de la production d'objets en métal provenant de contextes rituels sont rares, pour ne pas dire inexistantes (Schönfelder 2006 ; Nillesse 2006). À des fins de simplification de style et de compréhension, dans la suite de notre propos, nous utiliserons l'expression « vestiges de métallurgie » pour définir tout vestige matériel utilisé ou produit lors du processus de fabrication d'objet en métal, de l'extraction des minerais à la finition des objets par les différents intervenants de cette chaîne opératoire, des mineurs aux forgerons.

Si les travaux et les références autour des dépôts d'artefacts métalliques sont anciens et nombreux pour l'âge du Bronze et la fin du premier âge du Fer (Ha D), notamment concernant les dépôts launaciens (Guilaine 1972 ; Guilaine *et al.* 2017) et les dépôts de haches à douilles de types armoricains (Briard 1966), force est de constater que cet engouement est récent en ce qui concerne le second âge du Fer. En effet, même si les découvertes anciennes sont nombreuses et emblématiques (La Tène, Duchcov, Snettisham, etc.), les difficultés d'études inhérentes aux artefacts en fer [oxydation importante, illisibilité directe des artefacts, besoin d'intervention de restauration, etc.] ont

¹ Doctorant, Université de Bourgogne Franche-Comté. [UMR 6298 ARTEHIS]

² Ingénieur : Chargé des partenariats scientifiques, Inrap. [UMR 6298 ARTEHIS]

compliqué et retardé les analyses globales de ces pratiques. Aussi, il faudra attendre les années 1990 pour que des ensembles importants de dépôts d'objets en fer soient publiés exhaustivement. C'est à la suite des premiers volumes édités sur la découverte du premier sanctuaire celtique reconnu, Gournay-sur-Aronde, par J.-L. Brunaux et ses collaborateurs (Brunaux *et al.* 1985 ; Brunaux, Rapin 1988) et la mise en évidence du potentiel informatif des mobiliers en fer que l'exemple est suivi pour l'exploitation d'importants dépôts d'objets. On peut citer par exemple les ouvrages de F. Müller sur le site de « Bern-Tiefenau » (Müller, Köenig 1990) ou de F. Perrin sur « le dépôt gaulois de Larina » (Perrin 1990). Le premier inventaire global de dépôts et de découvertes en milieu humide de l'âge du Fer en Europe celtique est fait dans ces mêmes années par G. Kurz (1995). Ces travaux précurseurs, et les progrès réalisés sur les traitements des mobiliers ferreux ont permis un réel renouveau de l'analyse des dépôts d'objets métalliques laténiens dans toute l'Europe, comme en témoignent les publications des actes de plusieurs colloques sur ce thème, tels que ceux de Glux-en-Glenne en 2004 (Bataille, Guillaumet 2006), de Bienne en 2005 (Barral *et al.* 2007), de La Tène en 2007 (Honegger *et al.* 2009) et d'Antibes en 2008 (Bonnardin *et al.* 2009).

Les réflexions autour des objets liés à l'artisanat des métaux dans les pratiques rituelles des premier et second âges du Fer restent cependant peu courantes. Effectivement, si l'analyse des dépôts de mobiliers métalliques est aussi bien développée au Hallstatt qu'à La Tène, les études sur des types d'objets particuliers au sein de ces ensembles sont quant à elles peu présentes, l'outillage ne faisant pas exception. Cette situation s'explique principalement par la nature même des outils, qui sont très souvent de très mauvais marqueurs chronologiques. Ils sont produits avec des formes leur permettant d'être pleinement adaptées à leur fonction spécifique, ce qui n'a pas de raison d'évoluer. La forme d'un outil dépend comme toute construction humaine d'un choix de société ainsi, entre cultures différentes, les morphologies peuvent varier, mais au sein d'une aire culturelle, l'outillage n'est pas soumis aux mêmes préceptes évolutifs de modes que des artefacts plus attachés à l'identité de leur propriétaire comme des objets de parure. La seconde difficulté majeure qui a limité les analyses spécifiques sur l'outillage retrouvé en dépôt est la polyvalence de certains artefacts et la difficulté réelle d'attribuer une fonction précise à certains outils. Autant certains types de marteaux par exemple semblent attribuables sans difficulté à des activités métallurgiques, autant, dès qu'on essaie pour les périodes protohistoriques de trouver un marteau de menuiserie, servant notamment à enfoncer un clou, on éprouve le plus grand désarroi devant le manque de référence. Aussi peut-on se demander s'il existe à l'époque des marteaux spécifiques pour la menuiserie, ou si ce ne sont pas certaines formes similaires à celles utilisées pour les activités métallurgiques qui sont employées. Les difficultés d'attribution chronologique, typologique et fonctionnelle de l'outillage représentent donc des freins aux analyses portées sur ces artefacts spécifiques (Gaudefroy *et al.* 2006 : 147-167).

Cependant, les travaux fondateurs de S. Verger (1992) sur la composition des ensembles de dépôts ont eu une descendance importante qui a permis des avancées conceptuelles majeures. Désormais, les assemblages sont analysés selon les mobiliers qui les composent afin de mettre en avant des similarités ou des divergences entre les dépôts. Ces principes, appliqués à des gisements du second âge du Fer, mêlant dans une même démarche des ensembles provenant de sanctuaires et de dépôts laténiens (Bataille 2006 ; 2008 ; 2009 ; Le Cozanet 2015), ont permis de constater des évolutions dans ces pratiques. Celles-ci permettent d'émettre des hypothèses du point de vue de la société laténienne et de ses évolutions. L'outillage et les objets liés plus généralement à l'artisanat et à la production font leur apparition dans les pratiques rituelles au cours des III^e-II^e s. av. J.-C., soit à un moment crucial de l'évolution de la société celtique qui voit l'émergence des oppida (Fichtl 2005). Ce bouleversement profond n'a certainement pas eu lieu sans toucher l'organisation même de ces communautés. La production, qu'elle soit artisanale ou agricole, semble devenir une préoccupation majeure des rituels au cours de La Tène D. Ainsi, il est possible de postuler que l'émergence des artefacts artisanaux et plus généralement de production dans les pratiques rituelles soit liée avec un changement de l'importance, si ce n'est du statut social, des artisans et des paysans (Bataille

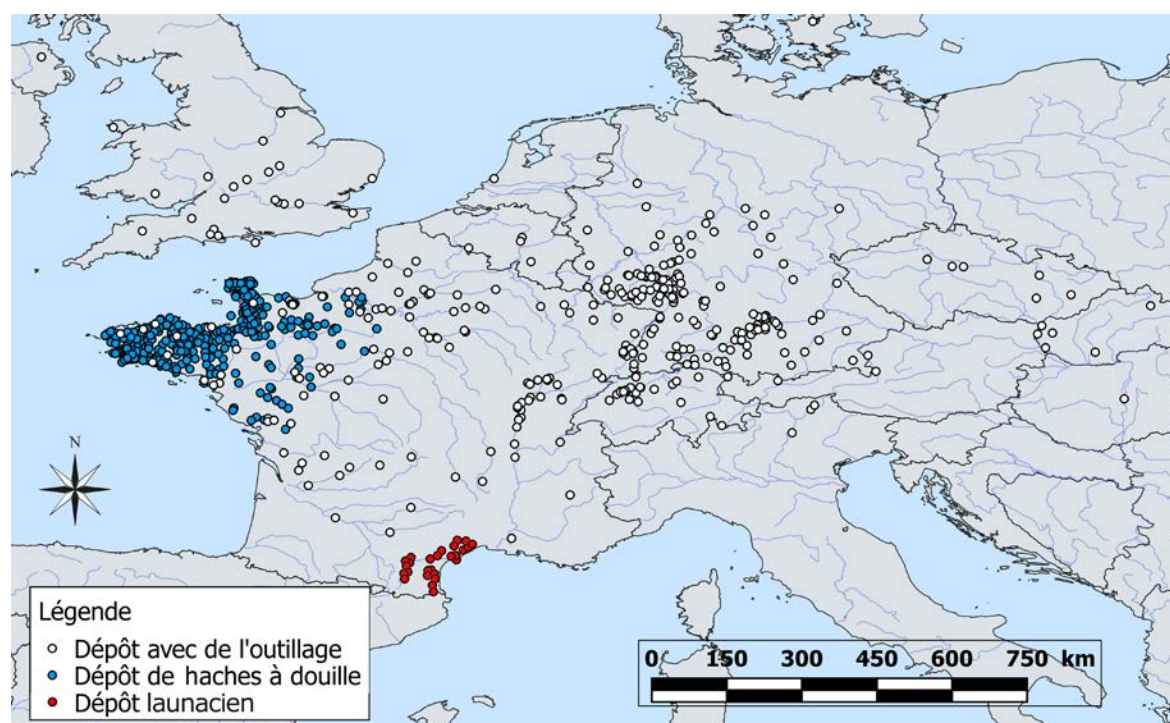
2009). Ces résultats n'avaient été obtenus qu'à partir d'une vingtaine d'ensembles de dépôts et de sanctuaires du second âge du Fer, mais ces hypothèses ont trouvé depuis des confirmations à partir de données funéraires (Kaurin 2015). Aussi, nous est-il paru important près de dix ans plus tard de reprendre cette réflexion en l'élargissant chronologiquement au premier âge du Fer et en s'appuyant non plus sur un échantillonnage caractéristique, mais sur des données plus concrètes et amplifiées, tout en se concentrant sur les indices en lien avec les productions métallurgiques. Ainsi, toute la matière des réflexions menées dans cette étude provient de deux outils : l'outil collaboratif développé dans le cadre du programme ANR DEPOMETAL, coordonné par P. Brun, et la base de données des ensembles de dépôts à composante métallique en France et en Europe réalisée par T. Le Cozanet dans le cadre de son doctorat « Immérgé dans les eaux, enfoui dans la terre. Études comparatives du mobilier métallique provenant des contextes non funéraires de l'âge du Fer (VIIIe – Ier s. av. J.-C.) ».

Notre propos s'attachera dans un premier temps à présenter les objets liés à la production métallurgique selon les contextes de découvertes de ces dépôts, puis dans un second temps sera menée une analyse globale afin de déterminer leur place dans les rituels des âges du Fer. Dans une dernière partie, une réflexion synthétique mettant en avant les phénomènes sociaux et économiques sous-jacents à ces pratiques sera proposée.

Contexte général des ensembles de dépôts rituels en Europe et en Gaule : beaucoup d'ensembles, peu de vestiges de métallurgie

L'inventaire des dépôts des âges du Fer européens, réalisé pour 23 pays, a permis de réunir 1323 ensembles pour un total de 67 607 objets métalliques. Sur le territoire de la Gaule, 622 dépôts et 238 découvertes isolées, considérées comme volontaires, ont été inventoriés, représentant un total de 60 788 artefacts métalliques.

L'analyse du récolement effectué montre une certaine rareté de l'outillage dans les pratiques rituelles des âges du Fer. Sur les 1323 dépôts inventoriés en Europe, seulement 422 livrent des vestiges de métallurgie, dont 86 en France, à l'exclusion des dépôts de haches à douilles de type



armoricaïn et launacien (Figure 1). Si les outils sont généralement rares, ceux liés à la production d'objets métalliques le sont un peu moins. Les 86 ensembles livrant des vestiges de métallurgie découverts sur le territoire français métropolitain sont composés de 601 objets. Ces sites représentent 10 % du corpus des dépôts français, mais moins de 1 % du nombre d'objets déposés. Ces chiffres permettent très rapidement de constater que la présence de vestiges métallurgiques dans les pratiques rituelles ne représente qu'une part minime des vestiges. Il est évident que ces considérations sont à moduler selon les périodes chronologiques, la géographie et les contextes de découvertes.

Ainsi, ces statistiques cachent en fait de grandes disparités, effectivement plus de 44 000 objets provenant de la base de données sont des haches à douille de types armoricains provenant de 430 dépôts. En dehors de ce type de dépôt particulier et des dépôts launaciens, ce sont donc 86 ensembles qui servent d'appui à notre réflexion sur les objets liés à la production d'artéfacts métalliques en contexte rituel. Parmi ces derniers, on décompte 22 dépôts avec des outils de métallurgiste, dont 3 en zones humides et 19 en milieux secs. S'ajoute à cela 56 dépôts contenant des demi-produits, 11 provenant de milieux humides et 45 de milieux secs. Seulement 8 dépôts présentent à la fois des outils de métallurgiste et des demi-produits, tous provenant de milieux secs.

Les contextes de découvertes des dépôts livrant des artéfacts liés à la production métallique peuvent être regroupés en 4 grands ensembles : les dépôts liés à une occupation humaine (22) ; les dépôts isolés dans un environnement naturel (45) ; les dépôts en milieu humide (14) et les dépôts en sanctuaire architectural (5).

Les vestiges de métallurgie de dépôts en milieu humide

Sur les 86 ensembles rituels présentant des vestiges liés à la métallurgie, 14 proviennent de dépôts retrouvés en zone humide. Ce chiffre est faible et n'est certainement pas représentatif de la réalité, les vestiges de métallurgie sont rarement conservés par les dragueurs, seule une surveillance active de certains archéologues a permis de documenter les quelques découvertes présentées (Dumont *et al.* 2006 : 261). De plus, la plupart de ces objets ont été mis au jour au cours de travaux mécanisés durant lesquels les relations stratigraphiques entre les objets ont été perdues. Il n'est pas rare à cette occasion que les godets remontent simultanément à la surface plusieurs objets typologiquement non contemporains (Bonnamour 2000 : 7). Il est alors impossible d'attester la cohésion originelle des ensembles d'objets mis au jour, ainsi que leur contemporanéité. Pour simplifier l'enregistrement, les découvertes ont été recensées par lots chrono-typologiques homogènes ou par campagnes de dragage.

Parmi les gisements inventoriés, on ne compte que trois ustensiles possiblement utilisés lors d'activités métallurgiques provenant de contextes immergés. Ils proviennent de trois sites différents : Marnay « Port de Grosnes » (Dumont 2002), Gergy « le Gué de Verjux » (Dumont 2002) et Chalon-sur-Saône « le Gué de Benne-Lafaux » (Dumont 2002). Ces trois gisements livrent en majeure partie de l'armement (épées, pointes de lance) et des ustensiles domestiques (chaudrons, broches à rôtir). Les outils y sont extrêmement rares, si ce n'est quelques couteaux, haches et une faucille. Les trois ustensiles pouvant être interprétés comme des artéfacts servant aux arts métallurgiques sont deux pelles à feu provenant de Marnay et de Gergy et un ciseau découvert à Chalon-sur-Saône, dont l'attribution aux activités métallurgiques n'est pas assurée. Ce dernier gisement a par ailleurs livré, lors d'une autre campagne de dragage, un lingot bipyramidé du Ha D.

De manière générale, les découvertes de demi-produits sont plus nombreuses, elles proviennent majoritairement des lits majeurs et mineurs de certaines rivières, mais aussi de marais-tourbières (Saint-Molf en Loire-Atlantique ; Abbeville et Amiens dans la Somme ; Tourtenay dans les Deux-Sèvres). En dehors de ce dernier contexte particulier, seules les découvertes de Champdivers (Jura)

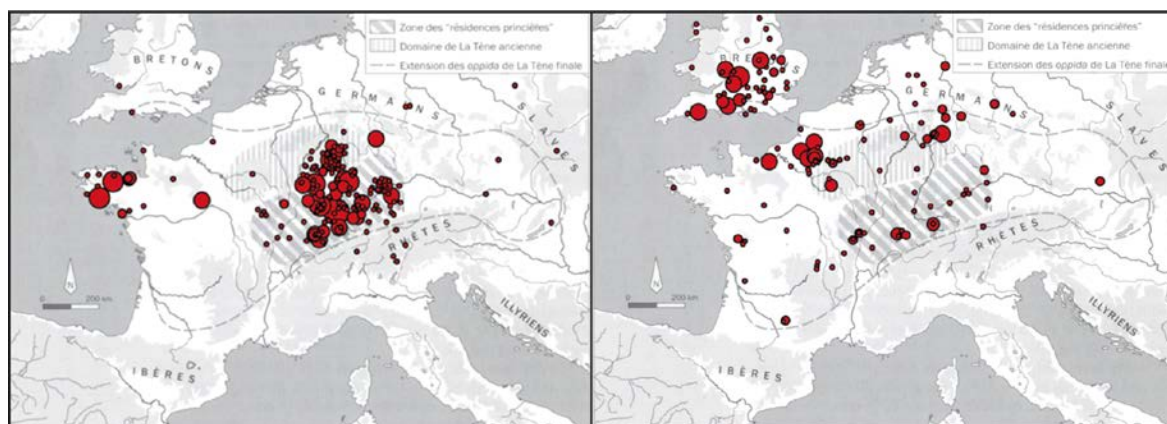


Figure 2. Cartes de répartition des demi-produits bipyramidés (à gauche) et des demi-produits à extrémités roulées (à droite) (Berranger 2014 : 159,163).

et de Seurre (Côte-d'Or) permettent d'attester le dépôt (ou la perte) d'un lot d'objets (Dumont 2002 ; Rothé 2001).

En faisant abstraction des difficultés d'attribution chronologique inhérentes à ce type d'objets, il semble que les découvertes d'outils apparaissent pendant La Tène C et se développent de façon importante à La Tène D, alors que de nombreux lingots bipyramidés sont trouvés en marais-tourbières dès le Ha D. Les alliages cuivreux semblent exclus de ces pratiques. Géographiquement les découvertes de demi-produits concernent l'ensemble du territoire (Figure 2).

Les vestiges de métallurgie en dépôts terrestres hors sanctuaire

Les ensembles rituels de dépôts terrestres se décomposent en deux sous-ensembles, ceux liés à des occupations humaines (22) et les dépôts isolés (45). Dans les contextes anthropisés, les ensembles sont soit exclusivement composés de demi-produits (7 sites) soit d'un assemblage de quelques outils de métallurgiste mêlés à d'autres types d'objets (Figure 3). Ces dépôts hétérogènes comportent régulièrement des fragments de tôle ou d'objets indéterminés pouvant correspondre des déchets de métallurgie (13 sites). Une seule exception à cette règle, le dépôt de Crosville-la-Vieille dans l'Eure (Dorion-Peyronnet 2009) qui conserve une panoplie complète de métallurgiste : ciseaux, alènes, poinçons, marteaux, chutes de barres et un potentiel bac de trempe aménagé dans une amphore. Les outils découverts sont majoritairement des ciseaux, quelques supports et instruments de frappes (tas, étampes, chasse, marteau, *etc.*), et plus rarement des pinces de forgeron et pelles à feu.

Les rituels de déposition d'outils métallurgiques sont anecdotiques entre le V^e et le III^e siècle av. J.-C. (un unique marteau déposé, Gomez de Soto 2006 : 76). Néanmoins les activités métallurgiques sont représentées dans ce type de pratique par l'intermédiaire d'une centaine de lingots de bronze ou de cuivre, ainsi que des demi-produits en fer. Ce n'est que durant le III^e s. av. J.-C. que les outils liés à la métallurgie apparaissent dans les dépôts puisque l'on en compte treize livrant ce type d'objets durant La Tène C et D. Ils proviennent généralement des habitats ruraux et sont souvent retrouvés en association avec d'autres types d'outils (pour les travaux : agricoles, du bois, du cuir, *etc.*) et avec des déchets de fer. Par ailleurs en Gaule, ces artefacts sont toujours intégrés à des ensembles de quelques pièces, dépassant rarement les 30 objets, alors qu'outre-Rhin, comme les dépôts de Bern-Tiefenau et de Kolín (Müller, Köenig 1990 ; Rybova, Motykova 1983 ; Bataille 2006, 2009), il peut s'agir d'ensembles beaucoup plus importants en nombre d'objets, de type « *massenfunde* ».

Les dépôts livrant des demi-produits métalliques qu'ils soient en alliages cuivreux ou de fer se comportent autrement. Effectivement, les dépôts de haches à douilles armoricaines du Ha D sont

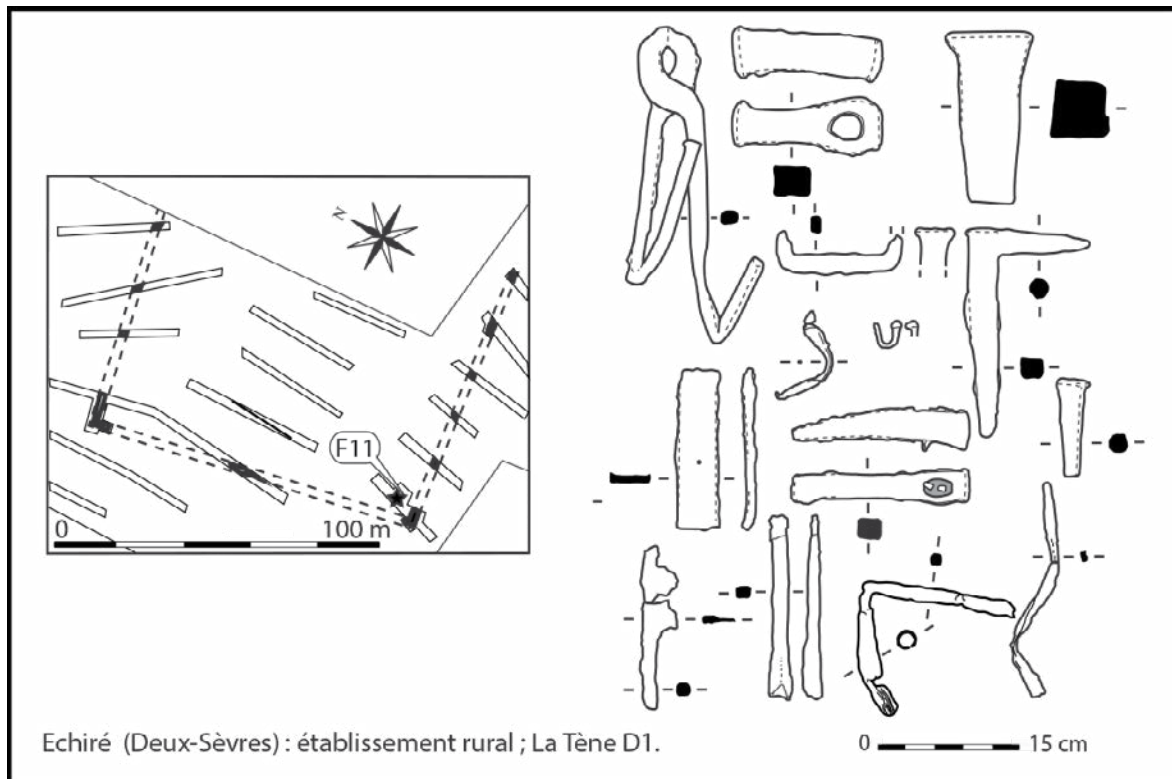


Figure 3. Dépôt de l'établissement rural d'Echiré dans les Deux-Sèvres, un exemple de la variété des outils de métallurgistes provenant de ce type de contexte (d'après Nillesse 2006 : 237).

souvent considérés comme des stocks de métal, les haches étant souvent réalisées dans des alliages mécaniquement peu adaptés à une utilisation réelle. Elles sont souvent brutes de coulée et non ébarbées (Bourhis, Briard 1977). Aussi, si la fonction de ces haches ne fait toujours pas l'unanimité dans la communauté scientifique, le fait qu'elles soient non fonctionnelles, mais bénéficiant tout de même d'une mise en forme, nous font pencher vers une interprétation de ces objets comme des demi-produits d'alliages cuivreux (lingots), donc des artefacts permettant l'échange et le transport de la matière première des artisans bronziers, à l'instar des demi-produits de fer des deux âges du Fer. Aussi, deux périodes de prédilection de dégagent pour ces ensembles composés de demi-produits métalliques : le Ha D pour les alliages cuivreux et les demi-produits bipyramidés de fer (20 sites connus ; Berranger 2014) ; La Tène C et D pour les demi-produits à extrémité roulée de fer. Ces pratiques de dépôt de demi-produits métalliques sont rarement réalisées au sein des habitats, mais principalement en contextes isolés. La plupart de ces ensembles ont des compositions exclusives, les dépôts de demi-produits semblent se faire à l'exclusion d'autres artefacts. Il s'agit bien d'une pratique à part entière qui a ses propres logiques rituelles. D'ailleurs, lors du Ha D se constate une partition géographique nette du territoire français selon la nature du métal (fer et alliages cuivreux). Les pratiques de dépôts de demi-produit en base cuivre se concentrent à l'ouest du territoire (dépôts launaciens, dépôts de haches à douille de types armoricains et groupe de l'Aube), alors qu'à l'est, on privilégie les dépôts contenant des demi-produits de fer de type « *spitzbarren* », notamment dans la plaine du Rhin et outre-Rhin (Kurz 1995 ; Berranger 2014). Durant la période de La Tène C-D, des fragments de barres en fer sont découverts un peu partout sur le territoire (Figure 2), mais les concentrations les plus importantes de stocks de demi-produits de fer apparaissent plutôt dans le quart nord-est de la Gaule (Berranger 2014). Les lingots d'alliages cuivreux ne faisant plus l'objet de dépôt depuis La Tène A.

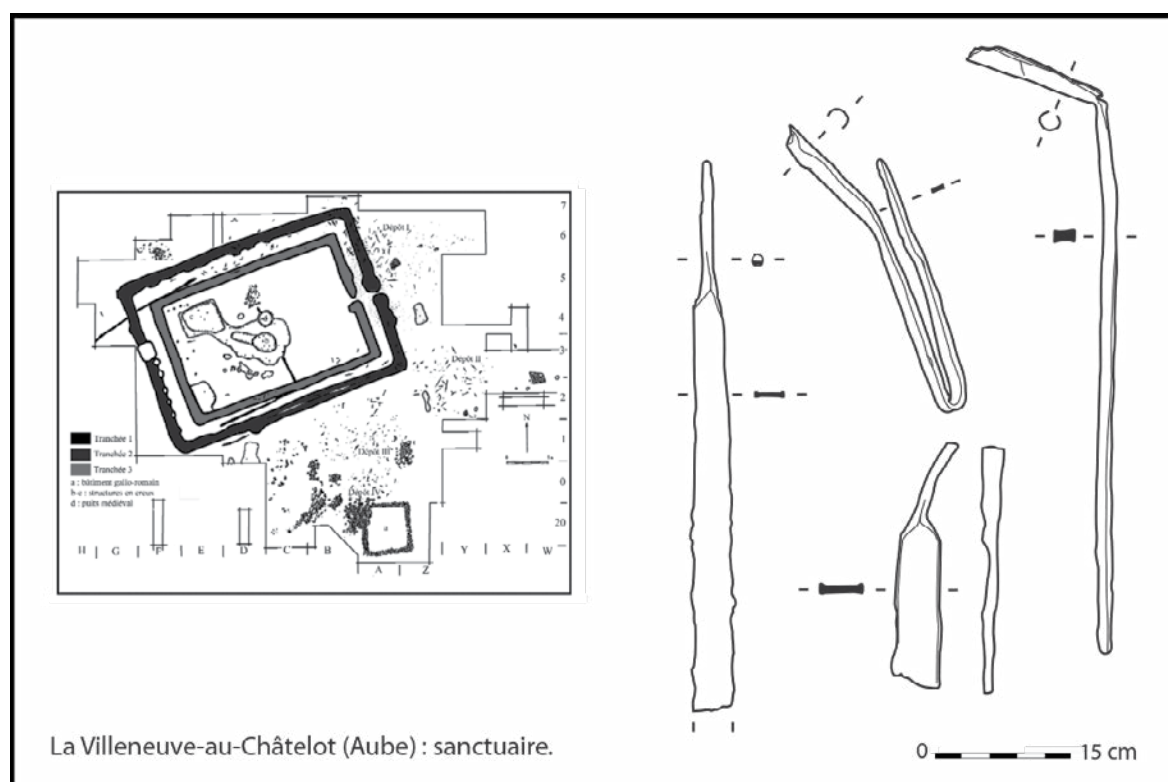


Figure 4. Exemples de destructions volontaires infligées à des demi-produits provenant du sanctuaire de La Villeneuve-au-Châtelot dans l'Aube (d'après Bataille 2008 : 48, 114).

Les vestiges de métallurgie en sanctuaire

À la fin du IV^e s. et surtout durant le III^e s. av. J.-C. apparaissent et se développent, principalement dans la moitié nord de la France, les premiers sanctuaires architecturés du monde laténien. Les vestiges de métallurgie issus de ces sites sont peu nombreux en regard des autres types de dépôts. L'outillage, qu'il soit lié à la production métallurgique ou non, ainsi que les demi-produits de fer ne font leur apparition dans ces ensembles qu'au début du II^e s. av. J.-C. au cours de La Tène C2 et se développent à La Tène D (Bataille 2008). Comme pour les autres contextes, les outils en tant que tels sont rares, surtout ceux en lien avec la métallurgie. Dans le meilleur des cas, une ou deux pièces se retrouvent dans les ensembles. Jamais des quantités et/ou des récurrences ne permettent de définir ces artefacts comme objet d'offrande à part entière, mais plus vraisemblablement comme instruments des rituels (Bataille 2015). Ces outils sont donc plus prosaïquement à considérer comme objets participants à la liturgie des rituels, permettant la réalisation des pratiques, comme les mutilations d'armes par exemple. Comme pour les autres contextes, le demi-produit en fer s'avère un des rares vestiges en rapport avec la production métallurgique pouvant être considéré comme participant d'un rituel particulier et être interprété, étant donné sa récurrence sur les sites et les quantités retrouvées, comme objet d'offrande (Bataille 2008). Ces artefacts peuvent par ailleurs présenter, comme les armes, des pratiques de destructions volontaires, telles que des plis et des découpes (Figure 4).

Description, évolution et analyse des vestiges de métallurgie dans les pratiques rituelles

En rupture totale avec le Bronze final, les vestiges de métallurgie sont très rares dans les pratiques dépositionnelles du début de l'âge du Fer. Un seul dépôt de ce type est daté probablement du Ha C, il s'agit de la découverte du lieu-dit « Les Arzilliers-Vieux-Moulins » en forêt de Compiègne dans l'Oise (Chevrier 2006). Ce dépôt découvert en 1828 et dont la composition exacte est inconnue

comprenait originellement au moins un chaudron à attaches d'anses cruciformes, ainsi que des fragments de lingot plano-convexe en cuivre. L'un d'entre eux, plus grand, était utilisé comme couvercle.

Au Ha D, les dépôts contenant des vestiges de métallurgie sont de nouveau plus nombreux, néanmoins leurs éléments constitutifs présentent des variabilités régionales discriminantes. Les dépôts en milieu humide comportant des ustensiles liés aux activités de métallurgie sont très rares et se concentrent majoritairement dans les zones marécageuses, même si quelques demi-produits bipyramidés en fer sont connus dans certaines rivières : la Saône et le Doubs notamment (Dumont *et al.* 2006 ; Daubigney *et al.* 2007)

Au sud de la France, les dépôts de bronzes de type launacien sont caractérisés principalement par un assemblage d'outils (haches à douilles, ciseaux, couteaux, parfois marteau à douille, etc.), d'éléments de parures, de fragments d'objets et déchets de métallurgie, de lingots et parfois de quelques armes et sont trouvés principalement en contexte terrestre (Guilaine *et al.* 2017). Seul le dépôt de Rochelongue dans l'Hérault (Gascó *et al.* 2012 ; Guilaine *et al.* 2022) provient d'un milieu humide. Découvert en pleine mer, dans une zone de navigation dangereuse, sa fonction et son interprétation restent incertaines : dépôt, épave ? Peu nombreux – une quarantaine – les gisements launaciens sont assez homogènes dans leur composition. Cependant le nombre d'objets déposés fluctue d'une cinquantaine (Les Teixons ; Mazière, Puig 2002) à plusieurs centaines (150 kg de bronze déposé à Rieux-Minervois dans l'Aude ; Guilaine 1969). Leur zone de répartition est géographiquement assez restreinte, elle s'étend autour du golfe du Lion, à l'est, et jusque dans les départements de l'Ariège, Tarn et Tarn-et-Garonne, à l'ouest.

Les très nombreux dépôts de bronzes provenant du Massif armoricain et composés de haches à douille, sont rarement accompagnés d'autres types d'objets. Auxquels cas, il s'agit de quelques éléments de parures (par exemple : La Guerche en Bretagne en Ille-et-Vilaine : Briard 1966 ; Trelly dans la Manche : Verney 1999) et lingots de cuivre ou de fer (par exemple : Moëlan-sur-Mer et Saint-Martin-des-Champs dans le Finistère: Briard 1966). Les contextes de découvertes sont principalement terrestres, les découvertes en milieu humide sont exceptionnelles. Des découvertes sont parfois enregistrées en provenance de rivières, mais il s'agit principalement de haches à douille isolées, aux références parfois douteuses. La série de huit dépôts découverts en milieu humide, dans les marais de Marchésieux dans la MANche, constitue en l'état actuel de la documentation un cas particulier (Tabbagh, Verron 1983). La répartition de ces découvertes couvre l'intégralité des départements de Bretagne, Normandie et Pays-de-la-Loire, mais les découvertes les plus nombreuses proviennent des départements du Finistère et de la Manche. Dans cette zone, il n'existe pratiquement pas de dépôts ne comportant pas de haches à douille. Notons alors l'exceptionnel dépôt de Saint-Molf en Loire-Atlantique (Santrot, Santrot 1999), trouvé dans les marais du parc naturel de la Brière, contenant 8 lingots bi-pyramidés en fer.

À l'est, la majorité des trouvailles enregistrées sont constituées de stock de « *spitzbarren* » en fer. Découverts anciennement, les notices informatives sont trop souvent approximatives et ne permettent pas toujours de savoir si d'autres types de mobiliers étaient présents à l'origine dans ces assemblages. Les informations sur l'environnement archéologique de ces découvertes sont généralement inexistantes. Quelques exceptions existent cependant, en particulier Marsal en Moselle, où le dépôt de demi-produits a été découvert à proximité des ateliers des bouilleurs de sel (Forrières 1986 : 185). Pour autant, ce type de pratique ne se limite pas seulement au territoire français, les découvertes sont également courantes en Allemagne et en particulier en Bade Wurtemberg et Rhénanie-Palatinat (Berranger 2014). Ce type de pratiques dépositionnelles s'estompent et disparaissent à la fin du Ha D, et ce jusqu'à la fin de La Tène B. La découverte du dépôt de Chazelles dans la grotte de Quéroy en Charente, associant un petit marteau à œil en fer, une faucille en fer et deux céramiques datant de La Tène B, constitue le seul exemplaire connu avec des ustensiles de métallurgiste (Gomez de Soto 2006).

Au cours de La Tène C, on observe un retour progressif des pratiques dépositionnelles, même si elles sont encore peu nombreuses. Il est de fait impossible de déceler une concentration particulière sur le territoire. Néanmoins, deux nouveaux types de contextes de découvertes en milieu terrestre apparaissent, il s'agit des sanctuaires et des établissements ruraux à vocation agricole. Concernant ces derniers, même si les premières attestations de ce type de site sont anciennes, les premières découvertes de demi-produits et d'outils de métallurgistes dans ces contextes d'habitat rural apparaissent uniquement durant le III^e s. av. J.-C (Figure 3).

Quelques découvertes de barres à douille sont recensées en milieu humide et même si leurs datations font encore débat, il est assuré que certaines datent de La Tène C. Quelques unes de ces trouvailles sont fort intéressantes puisqu'elles ont été déposées en lot, comme celles du Gué de Port Guillot (communes de Lux et Saint-Marcel en Saône-et-Loire ; Dumont 2002 : 155-156). Dans ces rares cas, les interprétations les plus répandues tendent plutôt vers le naufrage d'une embarcation. Néanmoins, en l'état de la documentation, il est impossible de proposer une hypothèse fiable (Dumont *et al.* 2006 : 261-263). Il se constate une absence d'outils de métallurgiste en milieu humide au cours de La Tène C et D qui ne peut être uniquement le fait des aléas de la documentation et de l'état la recherche.

Les dynamiques observées durant La Tène C, s'accroissent au cours de La Tène D. Cela se caractérise par une augmentation du nombre de découvertes (33 gisements), parmi lesquels les pratiques en contexte terrestre, en particulier dans les sanctuaires et les habitats ruraux, sont privilégiées. Les dépôts ne sont pas forcément importants en nombre d'objets (24 objets par ensemble en moyenne), mais sont plus variés. C'est à cette époque qu'on possède le spectre le plus important de l'outillage du métallurgiste : différents types de marteau, d'enclume, etc. Pour autant, les dépôts de demi-produits semblent se raréfier en contexte terrestre et milieu humide (Champdivers dans le Jura : Daubigny *et al.* 2007 ; Seyssel en Haute-Savoie : Bertrand *et al.* 1999). En particulier en contexte terrestre, les demi-produits à extrémité roulée sont toujours présents, mais ils ne sont désormais que rarement complets et unique élément du dépôt. Au contraire, ils sont fragmentaires et associés à d'autres types d'objets.

L'étude spatiale de ces données montre une division est-ouest des pratiques. Les découvertes de dépôts dans les établissements ruraux sont localisées principalement à l'ouest de la Seine (Nillesse 2006 ; Lepaumier *et al.* 2011), alors qu'elles sont anecdotiques à l'est du fleuve (Gransar *et al.* 2007). À l'inverse, les découvertes d'outillage en contexte de sanctuaire sont caractéristiques des sites du nord-est de la France (Bataille 2008), alors qu'elles sont quasiment absentes à l'ouest du territoire (Gomez de Soto, Lejars 1991).

En comparaison avec d'autres pays européens, le corpus des découvertes françaises de La Tène D apparaît très différent. C'est en particulier l'absence de « *massenfunde* » (Schönfelder 2006 ; Nicolai 2014) qui surprend. Il n'existe pas, sur les territoires de ce qu'il convient d'appeler les Gaules, de grands dépôts d'outils en fer comme celui de Kolín en République tchèque (Rybova, Motykova 1983), ce sont les pratiques plus modestes qui sont privilégiées. Cette différence entre la Gaule et le reste de l'Europe celtique peut être un témoignage de l'existence de traditions différentes. Cette partition territoriale est par ailleurs assez similaire à celles constatées sur la présence de fiches en fer dans l'architecture des remparts (*murus gallicus*) en Gaule, et leur absence dans les autres territoires laténiens (Nicolai, Buchsenschutz 2009).

Artisans, vestiges de métallurgie et pratiques rituelles aux âges du Fer

Aux deux âges du Fer, les vestiges d'activités métallurgiques, qu'ils s'agissent de demi-produits métalliques ou d'outils, sont minoritaires dans les pratiques rituelles. Toutefois, une analyse détaillée de l'évolution de ces pratiques particulières montre des situations variées et parfois des oppositions franches de traditions rituelles. Ainsi, les dynamiques de déposition entre les outils

et les demi-produits ne suivent pas les mêmes logiques au cours de ces huit siècles. Au Ha C, les pratiques intégrant des éléments de la chaîne opératoire de la métallurgie, qu'elle soit du bronze ou du fer, sont quasiment inexistantes. *A contrario*, la période qui suit, le Ha D, est une phase très riche en dépôts et notamment avec des artefacts représentatifs des travaux métallurgiques, surtout si l'on considère les haches à douilles de types armoricains en tant que demi-produits de bronze (plus de 44 000 exemplaires). Ces haches ne sont pas pour autant les seuls demi-produits représentés dans les pratiques. À cette période ce type d'objet, qu'il soit de bronze ou de fer, domine clairement la représentation des arts du feu dans les pratiques rituelles. D'ailleurs, les quantités, la nature du métal et la répartition géographique de ces dépôts de demi-produits permettent de constater une situation contrastée au Ha D. Trois grandes traditions de dépôts de vestiges de métallurgie se dessinent (Figure 1). À l'ouest de la France, ce sont les dépôts de demi-produits de bronze (haches à douille de type armoricain) qui dominent ; au sud-ouest, les dépôts livrent principalement des outils et différents artefacts représentatifs de la métallurgie du bronze (dépôts launaciens). Enfin, à l'est et outre-Rhin, les dépôts de demi-produits de fer sont les ensembles les plus caractéristiques de pratiques rituelles concernant les activités métallurgiques. Cette tradition liée au nouveau métal qui s'impose progressivement dans les sociétés semble même faire une « percée » isolant les deux traditions encore basées sur la métallurgie des alliages cuivreux. Cette situation laisse entrevoir une opposition entre deux modèles économiques et de société, l'un fondé sur la métallurgie du fer et l'autre encore traditionnellement attaché à ce qui a certainement fait anciennement sa richesse, la métallurgie des alliages cuivreux. Cette courte période de cohabitation entre deux traditions ne dure pas et se conclut par la prédominance de la métallurgie du fer sur toute l'Europe tempérée.

Au cours de La Tène A et B, les pratiques intégrant des vestiges d'activités métallurgiques se raréfient avec moins d'une demi-douzaine de dépôts sur l'ensemble de ces deux siècles. Par ailleurs, plus aucun ne concerne la métallurgie des alliages cuivreux, alors que des objets en bronze sont encore produits. On constate à ces périodes l'augmentation de la proportion d'outils par rapport aux demi-produits dans les assemblages mobiliers. Cette dynamique va par ailleurs se poursuivre durant les périodes suivantes. Ce phénomène va conduire à un optimum du nombre de dépôts avec des vestiges de métallurgie durant le dernier siècle de l'indépendance gauloise. En revanche, à cette époque, les quantités de demi-produits sont beaucoup plus faibles qu'aux phases précédentes, en quantité absolue et comparativement à l'outillage qui représente désormais l'une des catégories de mobilier les plus courantes des pratiques rituelles de La Tène D.

Ainsi, deux périodes principales où la production métallique semble être une préoccupation majeure de la société se dégagent : le Ha D et La Tène C2/D. À chaque fois il s'agit d'époques « d'optimum sociétal » qui précède un changement brutal attesté par les données archéologiques. Au Ha D, on peut facilement mettre en avant le développement du phénomène princier hallstattien et son premier essai d'urbanisation qui s'achève au début de La Tène A, ainsi que la fin de la prédominance des alliages cuivreux au profit du fer. Au cours de cette période, les communautés changent à la fois de modèle économique et de société, les différents phénomènes cités menant des sociétés hallstattiennes aux sociétés laténiennes. À la fin de La Tène C et surtout à La Tène D, l'apparition des *oppida* gaulois, le développement des sanctuaires architecturés couplés avec une mutation des pratiques rituelles montre d'importants changements dans ces sociétés avant la conquête romaine. Les armes, artefacts emblématiques des pratiques du III^e s. av. J.-C. tendent à disparaître des ensembles de sanctuaire et de manière plus générale des pratiques de dépôts au profit d'autres rituels (Bataille 2009 ; Le Cozanet 2020). Dans les différents contextes, on constate une part de plus en plus importante prise par les vestiges de production, qu'elle soit artisanale et/ou agricole. C'est dans cet élan que des demi-produits de fer et des ustensiles caractéristiques des travaux métallurgiques (de l'extraction à la forge) croissent dans les pratiques et se retrouvent souvent dans les mêmes ensembles rituels, mêlés à des vestiges symbolisant d'autres activités (Bataille 2009).

Il existe ainsi une réelle différence symbolique dans la composition de ces dépôts du Ha D et de La Tène D. Si au Hallstatt, l'activité métallurgique est avant tout représentée par de la matière première (demi-produits), à La Tène D, ce sont les outils qui sont caractéristiques des pratiques de dépôt. Ainsi, dans le premier cas, c'est réellement la matière qui est mise en avant, alors que dans le second, les hommes apparaissent. Autant un demi-produit paraît impersonnel, autant l'outil est allégorique de l'image de l'artisan et de son savoir-faire. Aussi, si d'un point de vue très général, tous ces phénomènes montrent les besoins et les intérêts de ces sociétés pour la production métallurgique, les détails formels des pratiques démontrent clairement une symbolique différente. Aux périodes anciennes, c'est réellement la matière première échangeable qui est offerte dans les pratiques, alors qu'à la fin de la période celtique indépendante, ce sont les artisans du métal qui sont mis en avant par ces rituels. Toutefois, la matière première n'est pas oubliée des pratiques, des demi-produits de fer étant toujours présents dans ces dépôts.

Au cours de ces deux périodes d'optimum, les pratiques intègrent donc de grandes quantités d'artefacts liés à la chaîne opératoire de production d'objets métalliques. Ce fait est un indice que cette production devient une préoccupation majeure des sociétés de ces périodes. Aussi, selon un des principes du sacrifice [offrande] à une entité supranaturelle plus l'offrande est un sacrifice important pour la société, ou l'individu, plus il est attendu une plus-value importante en retour (Mauss, Hubert 1899 ; Girard 1972 ; Lambert 2009). Selon ce principe sociologique, une des raisons éventuelles de cette surreprésentation des activités métallurgiques dans les pratiques rituelles serait le besoin accru de s'assurer la pérennité et l'efficacité de cette production. Cela suggérerait que la société s'en inquiète, voire que la crise est déjà là. Cela sous-entendrait que ces périodes riches en matériel archéologique sont finalement peut-être plus des périodes de crise que d'opulence.

Bibliographie

- BARRAL, P. ; DAUBIGNEY, A.; DUNNING, C.; KAENEL, G.; ROULIERE-LAMBERT, M.-J. (dirs.) (2007) – *L'âge du Fer dans l'arc jurassien et ses marges - Dépôts, lieux sacrés et territorialité à l'âge du Fer*. Besançon : Presses Universitaires de Franche-Comté (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté; 826/Série Environnement, société et archéologie; 11)
- BATAILLE, G. (2006) – Dépôts de mobiliers métalliques de la période de La Tène. Premier essai de classement. In BATAILLE, G. ; GUILLAUMET, J.-P. (dirs.) – *Les dépôts métalliques au second âge du Fer en Europe tempérée*. Glux-en-Glenne: Bibracte, pp. 241-248 (Bibracte 11)
- BATAILLE, G. (2008) – *Les Celtes : des mobiliers aux cultes*. Dijon : Éditions Universitaire de Dijon
- BATAILLE, G. (2009) – Mobiliers métalliques de dépôts et de sanctuaires, quelques considérations sociales sur l'époque laténienne. In BONNARDIN, S.; HAMON, C.; LAUWERS, M.; QUILLIEC, B. (dirs.) – *Du Matériel au Spirituel : Réalités archéologiques et historiques des « dépôts » de la Préhistoire à nos jours*. Antibes : APDCA, pp. 311-320
- BATAILLE, G. (2015) – Approches des pratiques rituelles : proposition de restitution à partir des dépôts terrestres non funéraires à composante métallique. In KAURIN, J.; MARION, S.; BATAILLE, G. (dirs.) – *Décrire, analyser, interpréter les pratiques de dépôt à l'âge du Fer*. Glux-en-Glenne: Bibracte, pp. 145-164 (Bibracte 26)
- BATAILLE, G.; GUILLAUMET, J.-P. (2006) – *Les dépôts métalliques aux âges du Fer en Europe*. Glux-en-Glenne: Bibracte (Bibracte; 11)
- BERRANGER, M. (2014) – *Le fer, entre matière première et moyen d'échange, en France du VIIe au Ier s. av. J.-C. Approches interdisciplinaires*. Dijon : Éditions Universitaires de Dijon (Collection art, archéologie, histoire)
- BERTRANDY, F.; CHEVRIER, M.; SERRALONGUE, J. (1999) – *Carte archéologique de la Gaule 74 Haute-Savoie*. Paris: Académie des Inscriptions et Belles-Lettres
- BONNAMOUR, L. (2000) – *Archéologie de la Saône, 150 ans de recherches : le fleuve gardien de la mémoire*. Paris : éd. Errance.
- BONNARDIN, S.; HAMON, C.; LAUWERS, M.; QUILLIEC, B. (dirs.) (2009) – *Du Matériel au Spirituel : Réalités archéologiques et historiques des « dépôts » de la Préhistoire à nos jours*. Antibes : APDCA
- BOURHIS, J.; BRIARD, J. (1977) – Composition chimique des haches à douille armoricaines : Méthodes. Résultats. Interprétation. *Revue d'Archéométrie* 1, pp. 3-14

- BRIARD, J. (1966) – *Les dépôts bretons et l'Âge du Bronze atlantique*. Rennes: Imp. Becdelièvre, 1966
- BRUNAU, J.-L.; MÉNIEL, P.; POPLIN, F. (1985) – Gournay I, les fouilles sur le sanctuaire et l'oppidum (1975-1984). Amiens : Revue archéologique de Picardie
- BRUNAU, J.-L.; RAPIN, A. (1988) – Gournay II, Boucliers et lances, Dépôts et trophées. Paris, Amiens : Errance, Revue archéologique de Picardie
- CHEVRIER, S. (2006) – Observations sur quelques dépôts du premier âge du Fer dans le quart nord-est de la France. In BATAILLE, G.; GUILLAUMET, J.-P. (dirs.) – Les dépôts métalliques au second âge du Fer en Europe tempérée. Glux-en-Glenne : Bibracte, pp. 57-74 (Bibracte 11)
- DAUBIGNEY, A.; BARRAL, P.; CANET, S. (2007) – Le dépôt laténien et romain de Champdivers dans la basse vallée du Doubs (Jura). In BARRAL, Ph.; DAUBIGNEY, A.; DUNNING, C.; KAENEL, G.; ROULIERE-LAMBERT, M.-J. (dirs.) – L'âge du Fer dans l'arc jurassien et ses marges - Dépôts, lieux sacrés et territorialité à l'âge du Fer. Besançon : Presses Universitaires de Franche-Comté, pp. 405-424 (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté; 826/Série Environnement, société et archéologie; 11)
- DORION-PEYRONNET, C. (dir.) (2009) – Les Gaulois face à Rome: la Normandie entre deux mondes. Bonsecours : Point de vues [Catalogue de l'exposition].
- DUMONT, A. (2002) – Les passages à gué de la grande Saône : approche archéologique et historique d'un espace fluvial (de Verdun-sur-le-Doubs à Lyon). Dijon : Société archéologique de l'Est
- DUMONT, A.; GASPARI, A.; WIRTH, S. (2006) – Les objets métalliques des âges du Fer découverts en contexte fluvial. In BATAILLE, G.; GUILLAUMET, J.-P. (dirs.) – Les dépôts métalliques au second âge du Fer en Europe tempérée. Glux-en-Glenne : Bibracte, pp. 257-277 (Bibracte 11)
- FICHTL, S. (2005) – La ville celtique : les oppida de 150 avant J.-C. à 15 après J.-C., 2e éd. rev. et augm. Paris, Errance
- FORRIÈRES, C. (1986) – Les débuts de la métallurgie du fer en Lorraine. In COUDROT, J.-L.; DECKER, É. (éds.) – La Lorraine d'avant l'Histoire du paléolithique inférieur au premier âge du Fer. Metz-Sarreguemines : Est-Imprimerie, pp. 179-186
- GASCÓ, J.; TOURETTE, C.; BORJA, G. (2012) – À propos du dépôt de bronze launacien de Rochelongue (Agde, Hérault). Documents d'archéologie méridionale 35, pp. 207-228
- GAUDEFROY, S.; MALRAIN, F.; POMMEPUY, C. (2006) – L'outillage et la parure. In MALRAIN, F.; PINARD, E. (dirs.) – Les sites laténiens de la moyenne vallée de l'Oise du Ve au Ier s. avant notre ère : contribution à l'Histoire de la société gauloise. Amiens: Revue archéologique de Picardie (Numéro spécial 23)
- GIRARD, R. (1972) – La violence et le sacré. Paris : Grasset (édition consultée : Paris : Hachette Pluriel, n°897, 2011)
- GOMEZ DE SOTO, J.; LEJARS, T. (1991) – Sanctuaires préromains en extrême Occident. In BRUNAU, J.-L. (dir.) – Les sanctuaires celtiques et le monde méditerranéen. Paris : Errance, pp. 126-132 (Archéologie aujourd'hui : Dossiers de protohistoire: 3)
- GOMEZ DE SOTO, J. (2006) – Dépôts métalliques du second âge du Fer dans les grottes du centre-ouest de la France. In BATAILLE, G.; GUILLAUMET, J.-P. (dirs.) – Les dépôts métalliques au second âge du Fer en Europe tempérée. Glux-en-Glenne: Bibracte, pp. 75-81 (Bibracte 11)
- GRANSAR, F.; AUXIETTE, G.; DESENNE, S.; HÉNON, B.; MALRAIN, F.; MATTERNE, V.; PINARD, E. (2007) – Expressions symboliques, manifestations rituelles et cultuelles en contexte domestique au Ier millénaire avant notre ère dans le Nord de la France. In BARRAL, Ph.; DAUBIGNEY, A.; DUNNING, C.; KAENEL, G.; ROULIERE-LAMBERT, M.-J. (dirs.) – L'âge du Fer dans l'arc jurassien et ses marges - Dépôts, lieux sacrés et territorialité à l'âge du Fer. Besançon : Presses Universitaires de Franche-Comté, pp. 549-564 (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté; 826/Série Environnement, société et archéologie; 11)
- GUILAINE, J. (1969) – Le dépôt de bronzes de Carcassonne. Revue archéologique de Narbonnaise 2, pp. 1-28
- GUILAINE, J. (1972) – L'Âge du Bronze en Languedoc occidental, Roussillon et Ariège. Paris : Klincksieck (Mémoire de la société préhistorique française: 9)
- GUILAINE, J.; CAROZZA, L.; GARCIA, D.; GASCÓ, J.; JANIN, Th.; MILLE, B. (2017) – Launac et le Launacien. Dépôts de bronzes protohistoriques du sud de la Gaule. Montpellier : Presses Universitaires de la Méditerranée (Coll. « Mondes anciens »)
- GUILAINE, J.; GARCIA, D.; GASCÓ, J.; ARAGÓN NUÑEZ E. (2022) – Rochelongue (Agde, Hérault) : lingots et bronzes protohistoriques par centaines dans la mer. Montpellier : Presses Universitaires de la Méditerranée (Coll. « Mondes anciens »)

- HONEGGER, M.; RAMSEYER, D.; KAENEL, G.; ARNOLD, B.; KAESER, M.-A. (dirs). (2009) – Le site de La Tène : Bilan des connaissances – état de la question. Neuchâtel: Archéologie neuchâteloise (Archéologie neuchâteloise; 43)
- KAURIN, J. (2015) – Recherches autour du métal. Les assemblages funéraires tréviens (fin du III^e siècle av. – troisième quart du I^{er} siècle ap. J.-C.). Dijon : Éditions Universitaires de Dijon
- KURZ, G. (1995) – Keltische Hort und Gewässerfunde in Mitteleuropa: Deponierungen der Latènezeit. Stuttgart : Theiss
- LAMBERT, Y. (2009) – La naissance des religions de la préhistoire aux religions universalistes. Paris : Armand Colin (première édition 2007)
- LE COZANET, T. (2015) – Quelle méthode pour étudier les contextes de découverte des dépôts à composante métallique ? In KAURIN, J. ; MARION, S.; BATAILLE, G. (dirs.) – Décrire, analyser, interpréter les pratiques de dépôt à l'âge du Fer. Glux-en-Glenne: Bibracte, pp. 65-80 (Bibracte 26)
- LE COZANET, T. (2019) – L'armement en milieu humide à l'âge du Fer en France, une fonction particulière pour un contexte particulier ? In BALLEST, P. ; BERTRAND, I.; LEMAITRE, S. ; MOSSAKOWSKA-GAUBERT, M. (dirs.) – Les mobiliers archéologiques dans leur contexte, de la Gaule à l'Orient méditerranéen : fonctions et statuts. Rennes : Presses Universitaires de Rennes
- LE COZANET, T. (2020) – Immersé dans les eaux, enfoui dans la terre : Études comparatives du mobilier métallique provenant des contextes non funéraires de l'âge du Fer en France (VIII^e – I^{er} s. av. n.è.). Dijon : Université de Bourgogne. Mémoire de Thèse réalisé sous la direction de WIRTH, S. et BATAILLE, G.
- LEPAUMIER, H. ; VAUTERIN, C.-C. ; LE GOFF, E. ; VILLAREGUT, J. (2011) – Un réseau de fermes en périphérie caennaise. In BARRAL, P. ; DEDET, B.; DELRIEU, F.; GIRAUD, P.; LE GOFF, I.; MARION, S.; VILLARD-LE-TIEC, A. (dirs.) – L'Âge du Fer en Basse-Normandie – Gestes funéraires en Gaule au second âge du Fer. Caen : Annales Littéraires Université de Franche-Comté, pp. 139-158 (Environnement, Sociétés et Archéologie 293)
- MAUSS, M. ; HUBERT, H. (1899) – Essai sur la nature et la fonction du sacrifice. Année sociologique 2, pp. 29-138 (édition consultée http://classiques.uqac.ca/classiques/mauss_marcel/oeuvres_1/oeuvres_1_3/essai_fonction_sacrifice.pdf)
- MAZIÈRE, F. ; PUIG, C. (2002) – un dépôt de bronze du premier âge du Fer en Roussillon : les Teixons (Pollestres, Pyrénées-Orientales). Cypsel 14, pp. 229-236
- MÜLLER, F.; KÖENIG, F. E. (1990) – Der Massenfund von der Tiefenau bei Bern: zur Deutung latènezeitlicher Sammelfunde mit Waffen. Basel: Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie
- NICOLAI, C. von (2014) – Sichtbare und unsichtbare Grenzen: Deponierungen an eisenzeitlichen Befestigungen in Mittel- und Westeuropa. Bonn : Verlag Dr. Rudolf Habelt
- NICOLAÏ, C. von ; BUCHSENSCHUTZ, O. (2009) – Dépôts métalliques et fortifications de l'âge du Fer européen. In BONNARDIN, S. ; HAMON, C.; LAUWERS, M.; QUILLIEC, B. (dirs.) – Du Matériel au Spirituel : Réalités archéologiques et historiques des « dépôts » de la Préhistoire à nos jours. Antibes : APDCA, pp. 321-332
- NILLESSE, O. (2006) – Les dépôts d'objets en fer dans les établissements ruraux gaulois de l'ouest de la France : le rituel est-il au fond de la poubelle ? In BATAILLE, G.; GUILLAUMET, J.-P. (dirs.) – Les dépôts métalliques au second âge du Fer en Europe tempérée. Glux-en-Glenne : Bibracte, pp. 221-246 (Bibracte 11)
- PERRIN, F. (1990) – Un dépôt d'objets gaulois à Larina Hières-sur-Amby. Isère. Lyon: Circonscription des antiquités historiques de la région Rhône-Alpes (Documents d'Archéologie en Rhône-Alpes [DARA]: 4)
- PHILIPPE, J. (1936) – Le Fort-Harrouard. L'anthropologie 46, Fasc 5-6
- ROTHÉ, M.-P. (2001) – Carte archéologique de la Gaule 39 Jura. Paris : Académie des Inscriptions et Belles-Lettres
- RYBOVA, A.; MOTYKOVA, K. (1983) – Der Eisendepotfund der Latènezeit von Kolín. Památky Archeologické 74, pp. 96-174
- SANTROT, J.; SANTROT, M.-H. (1999) – Nos ancêtres les Gaulois aux marges de l'Armorique. Nantes: Musée Dobrée [Catalogue d'exposition]
- SCHÖNFELDER, M. (2006) – Ein spätlatènezeitlicher Werkzeug- und Gerätehort aus dem ostkeltischen Gebiet. In BATAILLE, G.; GUILLAUMET, J.-P. (dirs.) – Les dépôts métalliques au second âge du Fer en Europe tempérée. Glux-en-Glenne: Bibracte, pp. 109-128 (Bibracte 11)

- TABBAGH, A.; VERRON, G. (1983) – Étude par prospection électromagnétique de trois sites à dépôts de l'Âge du Bronze. *Bulletin de la Société préhistorique française* 80, n°10-12, pp. 375-389
- VERGER, S. (1992) – L'épée du guerrier et le stock de métal : de la fin du Bronze ancien à l'âge du Fer. In KAENEL, G.; CURDY, Ph. (dirs.) – *L'âge du Fer dans le Jura*. Lausanne : SSPA, pp. 135-151 (Cahiers d'archéologie romande: 57)
- VERNEY, A. (1999) – Dépôt de Trelly (Manche), Nos ancêtres les Gaulois aux marges de l'Armorique. In SANTROT, J. ; SANTROT, M.-H. (1999) – *Nos ancêtres les Gaulois aux marges de l'Armorique*. Nantes : Musée Dobrée, notice 4, pp. 20 [Catalogue d'exposition]

Tracing Multimetal Craftsmanship through Metallurgical debris – Open-air workshops and multimetality in Late Iron Age Scandinavia

Andreas Svensson¹

Abstract

This paper serves as a detailed research proposal for a newly started PhD-project concerning multimetal craftsmanship in the Scandinavian later Iron Age. The project employs landscape survey, material and archaeometallurgical analysis of metallurgical debris, and a theoretical framework grounded in economic theory to counter fundamental key questions surrounding metalworking, metalworkers, and their societal and cultural implication.

The methods and material chosen are evaluated with a focus placed especially on the landscape surveys, and elements of the discussion on the conceptual aspects of multimetal craftsmanship – *multimetality* – that are central to the project, are presented. Finally, open-air workshops, a common interpretational shortcut applied to many of the sites included in the landscape survey, are discussed to exemplify the motivations for method and material prioritisations within the PhD-project.

Keywords

MULTIMETAL CRAFTSMANSHIP, SCANDINAVIAN IRON AGE, LANDSCAPE SURVEY, MULTIMETALITY, OPEN-AIR WORKSHOPS

Résumé

Cette contribution présente un projet de recherche de doctorat sur l'artisanat multi-métal au second âge du Fer en Scandinavie. De la prospection archéologique à l'analyse archéométallurgique des débris métallurgiques, toutes les étapes sont analysées dans une grille de lecture ancrée dans la théorie économique avec l'objectif de répondre aux questions clés concernant le travail des métaux, les artisans métallurgistes et des implications sociales et culturelles de cet artisanat. Le matériel étudié et les méthodes utilisées sont évalués en particulier à travers les prospections archéologiques. Par ailleurs, la discussion sur les aspects conceptuels du travail artisanal portant sur différents métaux – *multimetality* – le focus de cette étude, est présentée. Des ateliers de plein-air, un raccourci interprétational appliqué aux sites identifiés lors de la prospection archéologique, sont présentés afin d'explorer les raisons qui motivent les priorités adoptées dans les méthodes et dans le choix des matériaux.

Mots clés

ARTISANATS DES MÉTAUX, ÂGE DU FER, ANALYSE DU TERRITOIRE, ATELIER DE PLEIN AIR

This paper serves as a detailed research proposal for a newly started PhD-project concerning *multimetal craftsmanship* in the Scandinavian later Iron Age. The concept *multimetal craftsmanship* is defined within the project as metal crafts incorporating two or more metals in object manufacture. The study focus is motivated by the object inventory of the studied time period, which clearly indicates the need for multi-material competence. Furthermore, numerous excavated crafts milieus provide evidence of the use of several different metals and, correspondingly, various technical repertoires within the same spatial or chronological contexts. Hence, there is a need to investigate the relationship between metal craftsmanship in differing materials, and with different techniques and challenge unduly established conceptions of separation of different materials and crafts in time and space.

¹ Department of Archaeology and Ancient history, Lund University. andreas.svensson@ark.lu.se

Project objectives – methods and questions

The thesis project aims to counter fundamental questions concerning metalworkers and metalworking in a late prehistoric Scandinavian setting. The driving research questions all have a long tradition in the study of prehistoric metalworking and can be structured in four basic clusters: *Craft organisation and production output*, *Mobility of metalwork and metalworkers*, *Centralisation and decentralisation in the metalworking landscapes* and *Conceptualisation, competence, and socioeconomic implications*. Most research projects, both recent as well as of older date, relating to metalworking and metalworkers have been based on one or several of these question clusters (cf Forbes 1950: 62; Gustafsson 2013: 18; Jørgensen 2015: 300–301), nevertheless, these problems have not lost any of their importance to the research field. This clearly emphasises the point that whatever the specific research questions underpinning any project studying metal crafts, it is of vital importance to relate each project to these fundamental clusters of questions.

Within the present project, landscape studies, analysis of metallurgical debris material, and archaeometallurgical analysis are used to elucidate elements of the question clusters just mentioned. The project's aim is to refresh these fundamental issues by focusing on a macro-scale landscape study of metalworking sites and placing explicit emphasis on the study of debris material. Concerning the societal implications, the analysis will employ a perspective firmly based on an economic theoretical framework. This will offer a healthy counterpoint to the widely utilized ritual and cosmological perspectives that have been prevalent in societal interpretations of metal craftsmanship in the last decades (Pedersen 2009). By adapting these methods to counter deep-rooted questions, the current project will significantly widen the scope for the study of metalworking and its societal implications.

The macro-scale survey

As a starting point for landscape analysis, a macro-scale survey of metalworking sites will be undertaken, using The Archaeological Sites and Monuments Database, published online by the Swedish National Heritage Board (see online reference). The survey methodology is based on a research project conducted between 2013 and 2015, where reports from contract archaeology projects undertaken in Sweden published between the years of 2000 and 2012 were surveyed and sites with evidence of multimetal craftsmanship plotted (Svensson 2014; 2015). The macro-scale survey serves the purpose of creating a 'matte painting' of the metalworking landscape. The survey also facilitates a low-resolution analysis of the presence of multimetal craftsmanship in comparison to bronze-casting milieus, bloomery iron production networks and the more day-to-day iron smithing presumed to occur abundantly on Iron Age settlements regardless of their size and/or economic or political importance. Another advantage of starting with a thorough, but macro-scale and low-resolution survey over a large geographical area (Figure 1) is that the study is anchored in current archaeological results. The chronological range of the macro-scale survey corresponds to its geographical and thematic characteristics. The whole scope of the Iron Age – as it is chronologically subdivided in the current Swedish archaeological research tradition – is covered. This effectively means that the surveyed sites have a chronological span from the Pre-Roman Iron Age (starting 500BC) up to the Late Viking period (ending 1100AD). As chronological subdivisions, as well as the start and endpoints of defined periods, have long been under debate (Lund Hansen 1988), the focus of the survey is to define and present time spans of surveyed sites and the metalwork conducted within them rather than specific time periods of the Scandinavian Iron Age, even if these are utilized for chronological comparative analysis. The survey targets metallurgical debris recorded on archaeological sites by previous investigations such as field walking surveys, metal detecting, test excavations, and full-scale excavations. Site interpretations and dating are evaluated from the documentation available in the database. The sites are then recorded in GIS-based database with approximate geographic location. The resulting GIS-database

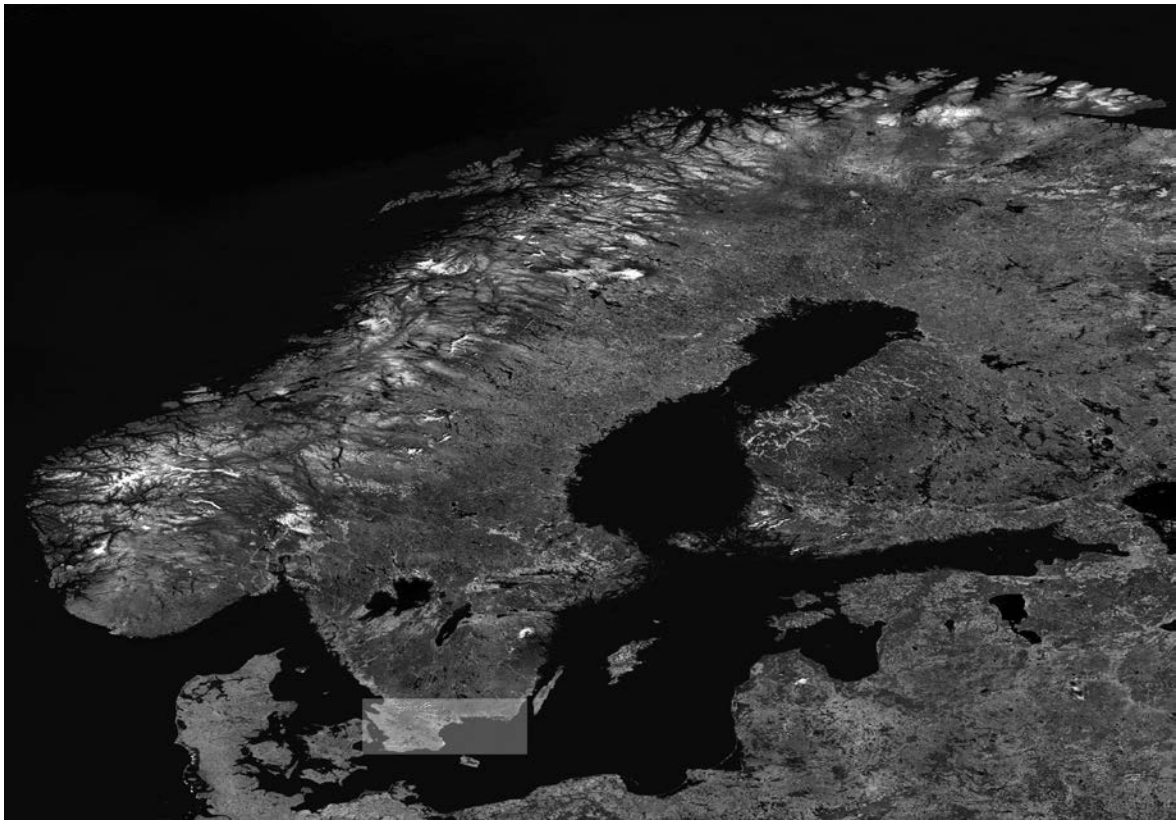


Figure 1. Overview map of Scandinavia with the focus areas of counties Scania and Blekinge emphasised. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, Swisstop, and the GIS user community

is ordered in layers according to documentation and dating resolution, chronology, and metals or crafts evidenced by the debris material present.

It needs to be explicitly stated that limiting the macro-scale survey geographically to present-day Sweden is a purely practical construct. In Prehistoric as well as contemporary reality, both traditions in metal crafts and systems of economic markets and trade naturally transcend all borders of the present-day Nation-states. As such, the delimitation of the macro-scale survey is arbitrary from a thematic and contextual perspective. The practical advantage of using one national database however outweighs the previously mentioned disadvantages. Issues of the intensity of contract archaeology as well as research-based projects can, for instance, be mapped in detail and set against the overall spatial picture of metalworking sites. At this point, the arbitrarily delimited macro-scale survey area is judged to be of sufficient size to yield a large enough body of quantifiable data in relation to the spatially orientated question clusters. However, a high-resolution landscape survey of two comparable focus areas is needed to counter the driving questions in more detail.

The survey in the focus areas

The focus areas chosen for the landscape analysis consist of the counties Scania and Blekinge in southernmost present-day Sweden. Both counties were in the later Iron Age and into the medieval period part of the Danish Kingdom that emerged in the middle of the 10th century with the premises of unification stretching back perhaps as far as the 8th century (Roesdahl 1992: 35). As such, the counties of Scania and Blekinge are within the same cultural and conceptual framework of the traditional archaeological interpretational narrative of the Scandinavian Later Iron Age. However, while many traits are similar between the two counties, there are several important differences. Firstly, Scania has very high-yielding farmland that constitutes a major part of its area in relation

to forest cover, whereas in Blekinge, the relationship is inversed with more forest to farmland (Sporrong 2011). Secondly, Scania is almost four times larger with a surface area of 11 000 km² to Blekinge's 3 000 km². The geology of the two counties also differs considerably with Blekinge being dominated by crystalline rock and Scania consisting mainly of sedimentary formations (Sundberg *et al.* 2011: 18). These macro-scale differences all play a considerable part in what sets these counties apart both in the modern era and in the past. Primarily, there is a difference in the number of identified archaeological sites in each county, but the macro-scale survey undertaken in this project clearly shows that this comparison is biased by the difference in the scale of archaeological activity between the two counties. Even if these two counties chosen for a more detailed landscape analysis do belong to a common cultural sphere, they are expected to yield different results as to the metalworking landscape and metal craftsmanship.

County of Scania

The county of Scania has a very high density of archaeological sites and is well represented in the macro-scale survey of metalworking sites (Figure 2). This requires a somewhat different approach in the focused landscape analysis than in the previous macro-scale survey. Certain key sites and areas will form the basis of the survey and the analysis will grow in an organic fashion from these. The methodology will hence be contextual in nature.

One such key site is Uppåkra, northeast of present-day Malmö and southwest of present-day Lund (see Figure 2). The site extends over 40 hectares (Larsson 2015: 21) and has been shown to be continuously inhabited on a large scale between approx. 100BCE-1000CE (Helgesson 2002: 47–51; Larsson, Lenntorp 2004: 7 fig. 4; Söderberg, Piltz Williams 2011: 10). Since the discovery of the site in the 1930s, numerous excavations have been undertaken, yielding an overwhelming volume of material, the bulk of which consists of ceramic and bone refuse (Helgesson 2002: 51 with references), but also an enormous quantity of metal objects, predominantly found during metal detecting campaigns (Paulsson 1999; Larsson 2003: 14–15). Many of these finds can be classified as metallurgical debris. Casting debris such as jets, melts, ingots, mould and crucible fragments with metal traces are abundant, together with the many bars and rods in Cu-alloys, tin, and precious metals. A substantial portion of the ornaments and other items retrieved from metal detecting on the site also show traces of secondary destruction or cutting, indicating that these were probably scrap metal intended for metalworking and/or trade. Slag, rods, and bars as well as half-finished objects such as complex knife blades or other edged tools show on-site iron and steel smithing.



Figure 2. Map of Counties Scania and Blekinge with the key sites mentioned in the text plotted. Redrawn from: Esri, ©OpenStreetMap contributors, and the GIS user community



Figure 3. At the forge. Illustration by Krister Kåm Tayanin/Gaia Arkeologi

The material from Uppåkra represents a varied metalworking repertoire undertaken on a relatively large scale and with considerable chronological depth. Analysis of samples of metallurgical debris and finished objects has shown the versatility of metal craftsmanship in Cu-alloys and precious metals including several combinations of materials, processes, and metallurgical experimentation (Kresten *et al.* 2001; Stilborg 2003). One aim of the material and spatial analysis of the debris from Uppåkra within the current project is to build on previous studies but also to analyse the iron working at the site and its relation to the other activities of working Cu-alloys and precious metals.

The focus area is comprised of several smaller sites located between and around Borgeby and Dagstorp to the northwest of Lund (Svensson 2014: 12–14). The metalworking evidenced from these sites differs technically from Uppåkra, as it shows no indication of metallurgical experimentation with fewer combinations of different techniques and materials (Kresten *et al.* 2001: 163–164). The spatial characteristics are also different in this area compared to the larger site of Uppåkra, as multimetal craftsmanship has been evidenced both in the central site at Borgeby and in the rural vicinity, in pit houses on more regular settlements (Svensson 2014: 14). This opens possibilities as to the spatial analysis of the crafts milieu and the presence of multimetal craftsmanship in the landscape.

The macro-scale survey has so far pinpointed several similar potential key areas in Scania. Some are interpreted as regional centres such as Järrestad (Söderberg 2003; Grandin, Hjärthner-Holdar 2003) and Åhus (Callmer 1991: 34–43), both on the east coast of Scania, as well as a few sites in provincial locations. These are typically located at a considerable distance from the central areas but keep some of the macro-scale spatial traits of the central areas (cf Maglabý, Fig. 2). Most notable among these spatial traits is access to waterways or other communication networks.

Hence, the county of Scania offers a range of aspects concerning the spatial dimensions of metal craftsmanship in line with the projects driving research questions. By placing an in-depth landscape analysis on top of the macro-scale survey, it will be possible to test the hypotheses drawn from the low-resolution dataset. The spatial interpretations of the metalworking landscape in the focus

area will also relate to the overall scenario generated by the macro-scale survey and hence, both datasets will be cross-evaluated.

County of Blekinge

The second county chosen for focused landscape analysis presents a different set of challenges to the project (Figure 2). In comparison to the county of Scania, Blekinge has had much less attention from an archaeological point of view. This does not mean, however, that the county is lacking a rich prehistoric and early historic landscape. Due to its smaller size, and consequently its smaller body of relevant sites, however, the county of Blekinge is more suited for a comprehensive scan survey, plotting the most known sites in the county. This has shown that the forested area covering the northern part of the county was heavily used for bloomery iron production (Nilsson 1981) with sites housing evidence of smithing, casting or multimetal craftsmanship being placed on the border between the forested area and on the coast or in the coastal region itself. Blekinge also has sites of a comparable nature to those in Scania. One such prominent site is in the middle of the county in the parish of Hjortsberga (Figure 2). The site or, more appropriately, the cluster of sites is situated on and around a small hill adjacent to the village of Västra Vång (Henriksson 2016: 7–8). The material retrieved from these sites is in many ways like that from sites such as Uppåkra. On the hill itself, small-scale excavation has resulted in a rich body of finds, including a set of bronze masks (Görman, Henriksson 2006; Görman, Henriksson 2016) and gold figure-foils (Watt 2016). In terms of structures, metallised surfaces, terraces, and traces of post-supported structures are documented from excavations and geo-radar surveys (Henriksson 2016: 10–13). This evidence suggests an interpretation of the hill-site as a ritual focal point, with numerous contemporary parallels in both Scandinavia and northern Europe (Helgesson 2016: 104–105).

The sites around Västra Vång have also yielded a substantial number of metallurgical debris, evidencing casting in Cu-alloy as well as iron treatment represented by slag, predominantly from smithing, but also from bloomery iron production (Henriksson 2016 with appendix 3). Among the debris are indications that iron and Cu-alloys could have been part of the same craft processes, producing composite objects consisting of two or more metals. Like Uppåkra, the area of Västra Vång is well suited for studying the relationship between different materials and metalworking techniques within the same crafts milieu. The survey has also produced more peripheral and small-scale sites in the county of Blekinge. One such site is in the eastern part of the county in the parish of Jämjö (see Figure 2). The identified houses support an interpretation of the site as a smaller farmstead, dated between the Roman Iron Age and Vendel period (350–780CE) (Ericson 2010). Slag from iron smithing as well as scrap metal and melts in Cu-alloy and possibly lead indicate metalworking at the site.

The eastern part of Blekinge could have been controlled by a patchwork of several smaller local elites in co-existence, and previous research on the subject cautions against placing too much emphasis on single, extraordinary sites in mapping the political landscape of the later Iron Age in the county (Lihhammer 2003: 273). Therefore, as a focus area for landscape survey, Blekinge, holds great potential in relating different levels of metal and multimetal craftsmanship to the overall socio-economic landscape. The material from the sites in Blekinge, as well as the spatial properties of the surveyed sites themselves, should yield significant results central to several aspects of the project.

Production, distribution, and consumption – multimetality

A framework based on economic theory has been chosen to counter questions concerning the societal implications of metalworking and the social relevance of multimetal craftsmanship. Just as with the underpinning research questions driving the project, the perspective is both familiar and well-established within the field of study (cf Hyenstrand 1981: 42–44). Traditionally

in archaeological inquiry, however, economic theory has far too often been applied exclusively as an explanatory tool with the aim of merely fleshing out the archaeological narrative. This approach has been largely inspired by anthropological perspectives and has above all served a great purpose in grounding the culture-historical narrative produced by archaeological research in contemporary political debate. For instance, Sahlins (1972), Hodges (1989), and Christophersen (1989) have demonstrated the explanatory power of this approach in their seminal works and Gustin (2004), amongst several others, has successfully applied these perspectives in a Late Iron Age Scandinavian setting. With the specific aim of refreshing the socio-economic discourse in relation to metal craftsmanship, the current project will however apply economic theory in a much more rudimentary sense. A bottom-up approach is needed to fully harness the potential of this rich theoretical body. The economic analysis of multimetal

craftsmanship will commence with the fundamental concepts of production, distribution, and consumption, with equal emphasis placed on each component of this socio-economic chain. Although far from uncommon in the study of crafts in archaeology (cf Costin 1991), current research has explicitly demonstrated the need for large datasets and the analytical value of applying concepts from contemporary economic theory, such as comparative advantages, to the archaeological data (Earle *et al.* 2015). The macro-scale landscape survey within the current project will produce precisely this type of larger dataset, and the surveys in the focus areas will provide in-depth examples of the metalworking landscape for closer evaluation. This data will be analysed using basic concepts from market theory (Walker 1996: 21–28), political economic models (Malthus 1951; Earle *et al.* 2015: 16–18) and social and evolutionary population theory (Galor 2011), and then synthesised in a familiar landscape-archaeology-approach.

Another key aim of the project is to question the conceptual aspects of multimetal craftsmanship and its products. This conceptual framework has been labelled *multimetality* and will be paired with the term *multimetal craftsmanship* which encompasses the technical knowledgebase of the craft. Testable hypotheses that involve both concepts will be formulated from the landscape surveys, as well as the socio-economic analyses and examination of metallurgical debris by material and archaeometallurgical analysis, and then evaluated and contextualized in the overall discussion. When investigating *multimetality* and *multimetal craftsmanship* it is of vital importance that the physical as well as conceptual competencies of consumers and distributors of the socio-economic arena surrounding metalwork and metalworkers are given ample room in the discussions. This is in sharp contrast to the traditional interpretational framework where a strong emphasis has been placed on the metalworkers as producers, regardless of their suggested social, political, or economic position. Even when the concept of the smithy is analysed from a perspective of complexity, traits such as consumer competence have been awarded little attention (cf Creutz 2003:143–144).

A theoretical toolkit grounded in basic economic theory should be of considerable help in ensuring that this preconception of metalworkers as solely producers is supplemented with a more pluralistic and holistic approach encompassing as many aspects as possible of multimetal competence and conceptualisation. The focus on economic structures, technical and conceptual competencies will also offer a refreshing counterpart to the previously dominating cosmological and ritual perspectives within the study of late prehistoric metalworking (see Pedersen 2009: 132–137 for a discourse overview). The hypotheses formulated about both *multimetality* and *multimetal craftsmanship* within this project will provide new insight into the overall archaeometallurgical narrative.

The issue of open-air workshops

Many of the sites surveyed for the project lack substantial metalworking features, such as furnaces, forges, casting pits, etc. Metalworking activities are indicated by recovered metallurgical debris in

both primary and secondary contexts. This situation has led to a generally tentative interpretation of sites as open-air workshops (see Svensson 2014: 12–16 with references for examples). These suggestions challenge interpretations of workshop milieus based on ethnographic and written sources, where the metalworkers and their crafts are situated in dark, elusive, and liminal settings (Gustafsson 2013: 59). Tentative interpretations of this kind should however only be seen as starting points for further research and not as satisfactory results.

In a recent dissertation on the topic of Late Iron Age non-ferrous metalworking on the island of Gotland, Gustafsson (2013) underlined the complexity of workshop organisation and continuity and cautioned against the common practice of overemphasising metallurgical debris in site interpretation. This caution is of utmost relevance for the present project, with its focus on charting metallurgical debris in the landscape. It is of vital importance to be mindful of the low resolution of the macro-scale survey that does not provide interpretational data on a workshop level. The objective is rather to create a ‘matte painting’ consisting of the volume, quality, and large-scale spatial relationships of the material available. This basis can then be used to pose and counter questions of large-scale spatiality that are useful to both the surveys in the focus areas and the interpretations of the individual sites. The caution against “seeing workshops wherever there is debris” is just as applicable to the interpretations of open-air workshop milieus as it is to a more traditional view influenced by ethnographic analogies, myths, and written sources. The only way to move forward from these tentative approaches would be to conduct a thorough intra-site spatial analysis of metalworking debris with a strictly contextual approach. This presents many challenges of both critical and theoretical nature. The survey conducted within the current project has clearly shown the ambiguous nature of the documentation of sites and the metalworking material, which of course restricts the possibilities for comprehensive analysis. In this regard, it is however just as important to break free of the theoretical restrictions caused by standard models of the societal implications of metalwork and metalworker agency in the time-period studied. This is the primary motivation behind choosing well-established research questions within the archaeometallurgical and craft studies that form the backbone of the current project, enhancing and critically testing these problems, instead of supplanting them.

Multimetallicity of the landscape

By combining landscape survey and spatial analysis, material and archaeometallurgical analysis of debris material and an interpretational framework grounded in economic theory, this project aims to counter traditional and fundamental questions within the study of late prehistoric metalworking. By focusing on methodological and theoretical aspects, the project aims to refresh and recharge issues of metalworker mobility and agency, metal craftsmanship, and competence and advocate a holistic approach, incorporating consumer- and distributor-competences into the interpretational framework of metal craft production. Operating on several analytical levels, although challenging from both a methodological and theoretical perspective, is essential to counter these ambitions. The focus on metallurgical debris as opposed to the finished products of multimetal craftsmanship is motivated by its firm grounding in the available archaeological evidence and is much in line with the current trend in Scandinavian archaeological research on metalworking (Gustafsson 2013 – paper III: 91). This approach is however not meant to overshadow the need for a contextually comprehensive framework with the aim of including as many aspects as the studied source material can justify within the final interpretational narrative. The introduced theoretical concepts of *multimetal craftsmanship* and *multimetallicity* are the means to ensure such an inclusive interpretational framework.

References

- CALLMER, J. (1991) – Platser med anknytning till handel och hantverk i yngre järnålder. In MORTENSEN, P; RASMUSSEN, B. M. (eds.) – *Fra stamme till stat i Danmark 2*. Aarhus: Aarhus University Press, pp. 29–47 (*Høvdingesamfund og Kongemagt*. Jysk Arkaeologisk Selskabs Skrifter XXII: 2. Viborg)
- CHRISTOPHERSEN, A. (1989) – Kjøpe, selge, bytte, gi. Vareutveksling og byoppkomst i Norge ca 800-1100 – En modell. In ANDRÉN, A. (ed.) – *Medeltidens födelse*. Symposier på Krapperrups borg 1. Lund: Wallin & Dalholm, pp. 109–145
- COSTIN, C. L. (1991) – Craft specialization: Issues in defining, documenting, and exploring the organization of production. In SCHIFFER, M. (ed.) – *Archaeological Method and Theory*. Volume 3. Tucson: University of Arizona, pp. 1–56
- CREUTZ, K. (2003) – *Tension and Tradition. A study of Late Iron Age spearheads around the Baltic Sea*. Stockholm: Stockholm University (Theses and Papers in Archaeology N.S. A 8)
- EARLE, T.; LING, J.; UHNÉR, C.; STOS-GALE, Z.; MELHEIM, L. (2015) – The Political Economy and Metal Trade in Bronze Age Europe: Understanding Regional Variability in Terms of Comparative Advantages and Articulations. *European Journal of Archaeology*, pp. 1–25
- ERICSON, T. (2010) – *Jämfö 6:1. Boplatsslämnningar från järnålder*. Blekinge, Karlskrona kommun, Jämfö socken, Jämfö 6:1, RAÄ 122. UV Syd Rapport 2010:5. Lund: Riksantikvarieämbetet
- FORBES, R. J. (1950) – *Metallurgy in Antiquity. A notebook for archaeologists and technologists*. Leiden: E.J. Brill
- GALOR, O. (2011) – *Unified Growth Theory*. Princeton: Princeton University Press
- GUSTAFSSON, N-B. (2013) – *Casting Identities in Central Seclusion. Aspects of non-ferrous metalworking and society on Gotland in the Early Medieval Period*. Stockholm: Stockholm University (Theses and Papers in Scientific Archaeology 15)
- GUSTIN, I. (2004) – *Mellan gåva och marknad. Handel, tillit och materiell kultur under vikingatid*. Lund: Almqvist & Wiksell International (Lund Studies in Medieval Archaeology 34)
- GRANDIN, L.; HJÄRTHNER-HOLDAR, E. (2003) – Metallhantverket vid storgården. Ett arkeometallurgiskt perspektiv. In SÖDERBERG, B. (ed.) – *Järrestad. Huvudgård i centralbygd*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet, pp. 309–340 (Riksantikvarieämbetet Arkeologiska undersökningar Skrifter No 51)
- GÖRMAN, M.; HENRIKSSON, M. (2006) – Maskbilden från Västra Vång. Ett keltiskt avtryck i Blekinges äldre järnålder? *Fornvännen*, 101, pp. 168–183
- GÖRMAN, M.; HENRIKSSON, M. (2016) – Nya fynd och nya förutsättningar – fyra maskbilder från Västra Vång. In HENRIKSSON, M.; NILSSON, B. (eds.) – *Vikten av Vång. En järnåldersplats tar form*. Karlskrona: Blekinge museum, pp. 76–88
- HELGESEN, B. (2002) – *Järnålderns Skåne. Samhälle, centra och regioner*. Uppåkrastudier 5. Lund: Almqvist & Wiksell (Acta Archaeologica Lundensia Series in 8°, No. 38)
- HELGESEN, B. (2016). Västra Vång utifrån ett skånskt perspektiv. In HENRIKSSON, M.; NILSSON, B. (eds.) – *Vikten av Vång. En järnåldersplats tar form*. Karlskrona: Blekinge museum, pp. 98–105
- HENRIKSSON, M. (2016) – *Efterundersökning Västra Vång 2013*. Johannishus 1:2, Hjortsberga socken, Ronneby kommun. Karlskrona: Blekinge museum (Blekinge museum rapport 2016: 5)
- HODGES, R. (1989) – *Dark Age Economics. The origins of town and trade AD 600-1000*. Second edition. London: Duckworth
- HYENSTRAND, Å. (1981) – *Excavations at Helgö VI. The Mälaren Area*. Kungliga Vitterhets Historie och Antikvitets Akademien. Stockholm: Almqvist & Wiksell
- JØRGENSEN, R. (2015) – The Iron Age blacksmith, simply a craftsman? In HANSEN, G; ASHBY, S. P.; BAUG, I. (eds.) – *Everyday products in the Middle Ages. Crafts, Consumption and the Individual in Northern Europe c. AD 800-1600*. Oxford: Oxbow Books, pp. 300–318
- KRESTEN, P.; HJÄRTHNER-HOLDAR, E.; HARRYSSON, H. (2001) – Metallurgi i Uppåkra: Smältor och halvfabrikat. In LARSSON, L. (ed.) – *Uppåkra. Centrum i analys och rapport*. Stockholm: Almqvist & Wiksell, pp. 149–167 (Acta Archaeologica Lundensia Series in 8°, No. 36, Uppåkrastudier 4)
- LARSSON, L. (2003). – The Uppåkra Project. Preconditions, Performance and Prospects. In LARSSON, L.; HÅRDH, B. (eds.) – *Centrality - Regionality. The Social Structure of Southern Sweden during the Iron Age*. Stockholm: Almqvist & Wiksell, pp. 3–26 (Uppåkrastudier 7. Acta Archaeologica Lundensia Series in 8°, No. 40)

- LARSSON, L.; LENNTORP, K-M. (2004) – The Enigmatic House. In LARSSON, L. (ed.) – *Continuity for Centuries. A ceremonial building and its context at Uppåkra*. Stockholm: Almqvist & Wiksell, pp. 3–48 (Uppåkrastudier 10. Acta Archaeologica Lundensia Series in 8°, No. 48)
- LARSSON, M. (2015) – *Agrarian plant economy at Uppåkra and the surrounding area. Archaeobotanical studies of an Iron Age regional center*. Lund: Lund University Press (Acta Archaeologica Lundensia, Series in 4°, No. 33)
- LIHAMMER, A. (2003) – The Centrality of the Landscape. Elite Milieus in Eastern Blekinge during the Viking Age and Early Middle Ages. In LARSSON, L.; HÅRDH, B. (eds.) – *Centrality - Regionality. The Social Structure of Southern Sweden during the Iron Age*. Stockholm: Almqvist & Wiksell, pp. 257–282 (Uppåkrastudier 7. Acta Archaeologica Lundensia Series in 8°, No. 40)
- LUND HANSEN, U. (1988) – Hovedproblemer i romersk og germansk jernalders kronologi i Skandinavien og på kontinentet. In MORTENSEN, P.; RASMUSSEN, B. M. (eds.). *Fra stamme til stat i Danmark 1. Jernalderens stammesamfund*. Højbjerg : Jysk Arkæologisk Selskab, pp. 21–35 (Jysk Arkæologisk Selskabs Skrifter XXII. Viborg)
- MALTHUS, T. R. (1951 (1836)) – *The Principles of political economy. Considered with a view to their practical application*. Second edition. New York (London): Augustus M. Kelly
- NILSSON, O. (1981) – Förhistorisk och medeltida järnhantering i Blekinge [Candidate Dissertation]. Stockholm: Stockholm University
- PAULSSON, J. (1999) – Metalldetektering och Uppåkra. Att förhålla sig till ett detektormaterial. In HÅRDH, B. (ed.) – *Fynden i centrum. Keramik, glas och metall från Uppåkra*. Stockholm: Almqvist & Wiksell, pp. 41–58 (Uppåkrastudier 2. Acta Archaeologica Lundensia Series in 8°, No. 30)
- PEDERSEN, U. (2009) – Den ideelle og den reelle smed. In LUND, J.; MELHEIM, J. (eds.) – *Håndverk og produksjon. Et møte mellom ulike perspektiver*. Oslo: Unipub, pp. 129–146 (Oslo Arkeologiske serie vol. 12)
- ROESDAHL, E. (1992) – De Skandinaviske kongeriger. In ROESDAHL, E. (ed.). – *Viking og Hvide krist. Norden og Europa 800-1000*. Copenhagen: Nordisk Minsterrad, pp. 32–41
- SAHLINS, M. (1972) – *Stone Age Economics*. Chicago: Aldine-Atherton
- SPORRONG, U. (2011) – Bergsbruket och skogen. In GEIJERSTAM, J, af.; NISSER, M. (eds.) – *Bergsbruk - gruvor och metallframställning. Sveriges Nationalatlas. Jernkontoret*. Stockholm: SNA, pp. 23–26
- STILBORG, O. (2003) – Late Iron Age Metal Craft Ceramics at Uppåkra. In HÅRDH, B. (ed.) – *Fler fynd i centrum. Materialstudier i och kring Uppåkra*. Lund: Almqvist & Wiksell, pp. 137–164 (Uppåkrastudier 9. Acta Archaeologica Lundensia Series in 8°, No. 45)
- SUNDBERG, A.; ARVIDSSON, S.; HEDSTRÖM, J-O. (2011) – Malm och mineralfyndigheter. In GEIJERSTAM, J, af.; NISSER, M. (eds.) – *Bergsbruk - gruvor och metallframställning. Sveriges Nationalatlas. Jernkontoret*. Stockholm: SNA, pp. 18–22
- SVENSSON, A. (2014) – Complex Metalworking in the Provinces, Rural Centres and Towns. Preliminary Results from the project “Exclusive Metalworking in Rural Settings” contextualized. *Lund Archaeological Review* 20, pp. 7–19
- SVENSSON, A. (2015) – Kontextualisering av metallhantverk på landsbygden - arkeometallurgi och landskapsstudiemetodik. In BODDUM, S.; MIKKELSEN, M.; TERKILDSSEN, N (eds.). *Bronzestøbning i yngre bronzealders lokale kulturlandskap. Seminarrapport fra seminariet “Bronzestøbning i yngre bronzealders lokale kulturlandskap” avholdt i Viborg 6. marts 2014*. Viborg: Viborg Museum, Holstebro Museum, pp. 131–137 (Yngre bronzealders kulturlandskap vol. 5)
- SÖDERBERG, B. (2003) – Järnålderns Järrestad. Bebyggelse, kronologi, tolkningsperspektiv. In SÖDERBERG, B. (ed.) – *Järrestad. Huvudgård i centralbygd*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet, pp. 109–174 (Riksantikvarieämbetet Arkeologiska undersökningar Skrifter No 51)
- SÖDERBERG, B.; PILTZ WILLIAMS, B. (2011) – *Uppåkra 2011. Forsknings- och seminarieundersökningar*. Skåne, Staffanstorps kommun, Uppåkra socken, Stora Uppåkra 8:3 och 8:4, RAÄ 5. Lund : Lunds University
- WALKER, D. A. (1996) – *Walras's market models*. Cambridge: Cambridge University Press
- WATT, M. (2016) – Gullgubbar i Vång. In HENRIKSSON, M.; NILSSON, B. (eds.) – *Vikten av Vång. En järnåldersplats tar form*. Karlskrona: Blekinge museum, pp. 62–67

Metalworkers and their Tools brings together 12 papers by 22 authors from the “Metools” international symposium organised in at Queens University, Belfast in June 2016 as part of the HardRock project “Between a Rock and a Hard Place: context, function, and choice of early metalworking tools on Europe’s Atlantic façade” (Marie Skłodowska Curie, No. 623392) and the “Metal Ages in Europe” commission of the International Union of Pre- and Protohistoric Sciences (UISPP). Its aim was to shine a spotlight on the tools of the metalworker and to follow their evolution from the beginning of the Bronze Age through to the Iron Age, as well as the place held by metalworking and its artisans in the economic and social landscape of the period.

Linda Bouteille has a PhD in archaeology from the Université de Bourgogne and is currently Research Fellow based at Queen’s University. She has held a Marie Skłodowska-Curie Fellowship, a Royal Irish Academy Research Grant, a British Academy Research Grant and more recently a Gerda Henkel Research Grant. Her main research interests lie with both the technological and organisational aspects of prehistoric craft activities, and of Bronze Age metalwork production in particular.

Rebecca Peake has a PhD in archaeology from the Université de Bourgogne and is currently a senior project manager with the French National Institute for Preventive Archaeological Research (INRAP) and a member of the research team UMR 6298 of CNRS. Her published work focuses on interpretative approaches to land occupation and funerary practices in the Bronze and the Early Iron Ages.

